



TUGAS AKHIR - TL141584

ANALISA EKSITASI TRANSIEN PADA POROS *LOW PRESSURE BOILER FEED PUMP* PT.PJB UP GRESIK

Eldwin
NRP 2713 100 077

Dosen Pembimbing :
Lukman N., S.T., M.Sc.Eng., PhD.
Mas Irfan P. Hidayat, S.T., M.Sc., Ph.D

JURUSAN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL141584

ANALYSIS OF TRANSIENT EXCITATION FOR SHAFT LOW PRESSURE BOILER FEED PUMP PT.PJB UP GRESIK

Eldwin
NRP 2713 100 077

Advisor Lecturer :
Lukman N., S.T., M.Sc.Eng., PhD.
Mas Irfan P. Hidayat, S.T., M.Sc., Ph.D.

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**ANALISIS EKSITASI TRANSIEN PADA POROS *LOW*
PRESSURE BOILER FEED PUMP PT.PJB UP GRESIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Korosi dan Analisa Kegagalan

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ELDWIN

NRP. 2713100077

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Lukman N., ST., M.Sc. (Pembimbing 1)
2. Mas Irfan P. Hidayat, M. Sc. (Pembimbing 2)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALISA EKSITASI TRANSIEN PADA POROS *LOW PRESSURE BOILER FEED PUMP* PT.PJB UP GRESIK

Nama : Eldwin
NRP : 2713100077
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing : Lukman N., S.T., M.Sc.Eng., PhD.
Mas Irfan P.Hidayat, S.T., M.Sc., PhD.

Abstrak

Dalam sistem *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) terdapat *low pressure boiler feed pump* yang merupakan bagian penting dalam menunjang proses yang berlangsung dalamnya. Pompa ini memiliki poros yang mana sering mengalami kegagalan yaitu sekitar 8-10 dalam setahun. Selama pengoperasiannya, poros menerima pembebanan yang dapat berlangsung secara dinamis yang timbul karena adanya pengaruh dari luar pompa tersebut seperti adanya perubahan tegangan listrik yang mengalir ke pompa, adanya pengaruh dari buka tutup katup air yang menuju pompa. Proses mencari tahu pengaruh dari pembebanan yang berubah-ubah (transien) dilakukan dengan menggunakan software Ansys. Percobaan ini menggunakan 3 ukuran pembebanan yaitu 17.233 N, 22.306 N, dan 28.025 N. Dari pembebanan tersebut diperoleh 20 nilai *displacement* untuk tiap pembebanannya. Disamping itu, diketahui batas pembebanan yang dapat diberikan pada pompa dan juga diketahui defleksi maksimum yang dapat terjadi pada pompa. Dari ketiga gaya tersebut diperoleh nilai *displacement* terbesar yaitu 2,9631 mm, 3,8354 mm dan 4,8186 mm. Defleksi yang terjadi masih masuk dalam kategori aman karena masih bersifat elastis. Tetapi ketika defleksi yang terjadi pada poros lebih dari 3,8354 mm, poros akan mengalami kegagalan karena pembebanan yang diterima poros bersifat dinamis atau berulang. Peristiwa ini disebut kegagalan *fatigue*.

Kata kunci : *Pompa, Poros, Analisa Getaran, Transien*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS OF TRANSIENT EXCITATION FOR SHAFT LOW PRESSURE BOILER FEED PUMP PT.PJB UP GRESIK

Name : Eldwin
NRP : 2713100077
Department : Teknik Material dan Metalurgi
Advisor : Lukman N., S.T., M.Sc.Eng., PhD.
Mas Irfan P.Hidayat, S.T., M.Sc., PhD.

Abstract

In Heat Recovery Steam Generator (HRSG) system, there is low pressure boiler feed pump which is an important thing in operation system. This pump has a shaft which often got failure. The failure happen around 8 to 10 a year. When the pump is used, shaft receive dynamic load. It cause by external factor like unstable voltage to pump, open and close valve that control water to pump. To find out the effect of dynamic load (transient), software Ansys been used to illustrate situation that happen to shaft. There are 3 kinds of load 17.233 N, 22306 N, and 28025 N. These load is used to know the effect to shaft. Each of load get 20 displacement value. Beside that, in this experiment we know the maximum load and maximum deflection that shaft can handle. According to those force, the highest displacement are 0.0029631 m, 0.0038354 m and 0.0048186 m. Those deflection are still in elastic area. But if shaft's deflection is more than 3,8354 mm, shaft will fail because of repeating load. This phenomenon is called fatigue failure

Keywords : Pump, Shaft, Vibration Analysis, Transient

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis diberi kesempatan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ditujukan untuk memenuhi mata kuliah wajib yang harus diambil oleh mahasiswa Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), penulis telah menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Eksitasi Transien Pada Poros *Low Pressure Boiler Feed Pump PT.PJB UP GRESIK***”.

Pada kesempatan ini penulis ingin berterima kasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini:

1. Mama Drg. Apriemi Simanjuntak dan Papa Ir. Napitupulu yang telah mendoakan, mengasihi, baik itu secara spiritual, emosional, dan finansial. Adek-adek Ezekiel Aditya dan Erland Abigail
2. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
3. Bapak Lukman N., S.T., M.Sc.Eng., PhD. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bekal yang sangat bermanfaat.
4. Bapak Mas Irfan P. Hidayat, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku co dosen Pembimbing yang telah banyak membanyak memberikan ilmu.
5. Ibu Dian Mughni Fellicia S.T., M.Sc. Selaku dosen wali yang sangat membantu dalam pemilihan mata kuliah, memberi motivasi dan nasihat dalam mempersiapkan study kedepan
6. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.

7. Sahabat-sahabat terbaik saya PKKTM 2013 yang selalu memberikan canda dan tawa serta memberi warna dalam kehidupan semasa kuliah di ITS.
8. Teman sependidikan sepenanggungan dalam melakukan tugas akhir yaitu Akbar, Aisyah, dan Reggy.
9. Keluarga MT 15 yang banyak memberikan saya pengalaman berharga selama di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi.
10. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi dalam Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan kemajuan bersama. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya

Surabaya, Januari 2017

Penulis,
Eldwin

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xxi

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)	7
2.3 <i>Heat Recovery Steam Generator</i> (HRSG)	7
2.4 Pompa.....	11
2.4.1 Klasifikasi Pompa.....	11

2.5 Pompa Sentrifugal	15
2.5.1 Komponen-komponen Pompa	16
2.5.2 Prinsip Kerja Pompa.....	17
2.6 Geometri Komponen yang mengalami kegagalan	18
2.7 Poros	20
2.7.1 Material yang Digunakan	20
2.7.2 Tipe Poros	20
2.7.3 Tegangan Pada Poros.....	21
2.7.4 Desain Poros.....	21
2.7.5 Faktor Konsentrasi Tegangan	21
2.8 Getaran Mekanis	22
2.8.1 Klasifikasi Getaran	23
2.9 Transien (Gejala Peralihan)	24
2.10 Kestabilan Tansien Sistem Tenaga	25
2.11 Akibat Pembebanan Transien	27
2.12 <i>Fatigue</i>	28
2.13 <i>Finite Elemen Method</i>	29
2.14 ANSYS.....	30

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 33

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2 Materi Penelitian	34
3.2.1 Objek Penelitian	34
3.2.2 Peralatan Penelitian	35

3.3 Rancangan Penelitian	35
3.4 Permodelan dengan ANSYS 16.0.....	38
3.4.1 Pemodelan Poros LPBFP.....	39
3.4.2 Properties Material	39
3.4.3 <i>Meshing</i>	40
3.4.4 <i>Boundary Condition</i>	40
3.4.5 Analisa Gaya Sentrifugal yang Bekerja pada Poros...	41
3.4.6 Analisis Momen Bending dan Batas Defleksi.....	41
3.4.7 Membandingkan Perhitungan Manual dan Hasil Ansys	42

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN 43

4.1 Analisa Gaya Sentrifugal Kerja Pompa	43
4.2 Analisa Kemampuan Material	46
4.3 Analisa Pemberian Perubahan Gaya Terhadap Waktu.....	50
4.4 Eksitasi Transien	53
4.4.1 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 1	53
4.4.2 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 2	55
4.4.3 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 3	57
4.4.4 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 4	59
4.4.5 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 5	61
4.4.6 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 6	63
4.4.7 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 7	65
4.4.8 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 8	67

4.4.9 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 9	69
4.4.10 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 10	71
4.4.11 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 11	73
4.4.12 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 12	75
4.4.13 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 13	77
4.4.14 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 14	79
4.4.15 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 15	81
4.4.16 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 16	83
4.4.17 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 17	85
4.4.18 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 18	87
4.4.19 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 19	89
4.4.20 Eksitasi Transien pada <i>Load Step</i> 20	91
4.4 Pembahasan.....	93
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1 Kesimpulan	97
5.1 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
BIODATA PENULIS	xxxvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Air dan Steam dalam HRSG	9
Gambar 2.2 Pompa Aksial	12
Gambar 2.3 Pompa Sentrifugal	12
Gambar 2.4 <i>Low Pressure Boiler Feed Pump</i> di PT PJB	13
Gambar 2.5 Pompa Aliran Campuran	13
Gambar 2.6 Pompa Jenis Poros Mendatar.....	14
Gambar 2.7 Pompa Jenis Poros Tegak.....	14
Gambar 2.8 Pompa Isapan Tunggal	15
Gambar 2.9 Pompa Isapan Ganda	15
Gambar 2.10 Konstruksi Pompa	16
Gambar 2.11 Proses Pemompann	17
Gambar 2.12 Penampang Impeler dan Perubahan Energi Pompa.....	18
Gambar 2.13 Poros <i>Low Pressure Boiler Feed Pump</i>	19
Gambar 2.14 Daerah Kritis pada Poros.....	22
Gambar 2.15 Respon Sudut Rotor Terhadap Gangguan Transien.....	27
Gambar 2.16 Kurva S-N material Nitronic	29
Gambar 3.1 Diagram Alir	33
Gambar 3.2 2D Drawing <i>Shaft Low Pressure Boiler Feed Pump</i>	34
Gambar 3.3 Pembebanan yang Terjadi Pada Poros.....	37
Gambar 3.4 Diagram Alir Pemodelan Menggunakan <i>Software</i> Ansys	38

Gambar 3.5 Hasil <i>Meshing</i> Poros LP BFP	40
Gambar 4.1 <i>Drawing Shaft Low Pressure Boiler Feed Pump</i>	43
Gambar 4.2 Ilustrasi Gaya yang Bekerja pada Poros	44
Gambar 4.3 <i>Free Body Diagram</i>	47
Gambar 4.4 Grafik Momen <i>Bending</i> ketika diberi gaya P_f	48
Gambar 4.5 Grafik Momen <i>Bending</i> ketika diberi gaya P_y ...	49
Gambar 4.6 Defleksi	49
Gambar 4.7 Respon Sudut Rotor Terhadap Gangguan Transien	50
Gambar 4.8 Kondisi Awal dari Poros <i>Low Pressure Boiler Feed Pump</i>	52
Gambar 4.9 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 1 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	53
Gambar 4.10 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 2 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	55
Gambar 4.11 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 3 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	57
Gambar 4.12 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 4 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	59
Gambar 4.13 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 5 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	61
Gambar 4.14 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 6 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	63
Gambar 4.15 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 7 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	65

Gambar 4.16 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 8 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	67
Gambar 4.17 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 9 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	69
Gambar 4.18 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 10 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	71
Gambar 4.19 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 11 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	73
Gambar 4.20 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 12 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	75
Gambar 4.21 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 13 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	77
Gambar 4.22 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 14 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	79
Gambar 4.23 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 15 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	81
Gambar 4.24 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 16 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	83
Gambar 4.25 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 17 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	85
Gambar 4.26 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 18 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	87
Gambar 4.27 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 19 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	89
Gambar 4.28 Eksitasi pada <i>Loadstep</i> 20 ketika diberikan gaya (a) 17233 N (b) 22306 N (c) 28025 N	91
Gambar 4.29 Kurva <i>displacement</i> pada pembebanan 17.233 N	92

Gambar 4.30 Kurva <i>displacement</i> pada pembebanan 22.306 N	92
Gambar 4.31 Kurva <i>displacement</i> pada pembebanan 28.025 N	92

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Nitronic	34
Tabel 3.2 Sifat Mekanik Nitronic 50	35
Tabel 3.3 Percobaan 1	35
Tabel 3.4 Percobaan 2	36
Tabel 3.5 Percobaan 3	37
Tabel 3.6 Gaya pada Analisa Ini	37
Tabel 4.1 Gaya Sentrifugal pada Poros	45
Tabel 4.2 Sifat Mekanik Nitronic 50	46
Tabel 4.3 Data Kurva Tegangan Regangan Sebenarnya	46
Tabel 4.4 Pengaruh Tegangan Transien	93

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB I **PENDAHULUAN**

I.1 Latar Belakang

PT. Pembangkit Jawa-Bali merupakan salah satu anak perusahaan PT Pembangkit Listrik Negara yang dibangun untuk menunjang kebutuhan listrik yang dibutuhkan di Pulau Jawa dan Bali. PT. Pembangkit Jawa-Bali UP Gresik terletak di Gresik yang mana pembangkit ini dapat menghasilkan listrik sebesar 12.814 GWh per tahunnya. Di PJB UP Gresik memiliki tiga jenis pembangkit antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap. PLTU menggunakan uap sebagai bahan bakarnya, PLTG menggunakan gas alam sebagai bahan bakarnya, dan PLTGU menggunakan kombinasi kedua pembangkit tersebut.

PLTGU disebut sebagai *combine cycle power plant*. Pembangkit ini memanfaatkan gas alam dan juga uap sebagai bahan bakarnya. Pada pembangkit ini menggunakan boiler HRSG yang berfungsi untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dipakai pada unit turbin gas, yang digunakan untuk unit turbin uap. HRSG prinsipnya sebagai pembentuk uap bertekanan, dengan media panas yang berasal dari gas buang turbin gas. Uap bertekanan tersebut dipergunakan untuk menggerakkan turbin uap dan selanjutnya memutar generator.

Heat Recovery Steam Generator (HRSG) merupakan tempat untuk memanaskan air menjadi uap *super heat*. *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) memerlukan *supply* air dalam proses pemanasannya. Kebutuhan air ini dipenuhi oleh *boiler feed pump* (BFP). Alat ini dibedakan menjadi dua berdasarkan tekanannya yaitu *Low Pressure* (LP) dan *High Pressure* (HP). Pada prosesnya sering sekali terjadi permasalahan dari *Low Pressure Boiler Feed Pump* (LP BFP) sekitar 8-10 kali tiap tahun. Dikarenakan terjadinya permasalahan



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

yang berulang maka dibutuhkan cara pencegahannya dengan menganalisa hal yang mungkin menyebabkan hal itu terjadi.

Penelitian poros lebih mendalam maka dilakukan simulasi pemodelan fungsi beban terhadap waktu pada *Low Pressure Boiler Feed Pump*. Dengan menggunakan konsep Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method* (FEM) dengan aplikasi ANSYS, diharapkan dapat diketahui perubahan yang dialami oleh poros *Low Pressure Boiler Feed Pump* ketika mengalami eksitasi transient terhadap tegangan dan integritasnya. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu mengurangi kegagalan yang dialami oleh perusahaan.

I.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana pengaruh eksitasi transient terhadap deformasi dan unjuk kerja poros *low pressure boiler feed pump*?

I.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dan asumsi yang digunakan agar penelitian dapat berjalan dengan baik

1. Komponen poros *low pressure boiler feed pump* memiliki komposisi material dan sifat mekanik yang homogen
2. Kondisi operasi diasumsikan sesuai dengan standar
3. Posisi pemasangan diasumsikan sudah sesuai prosedur

I.4 Tujuan

Adapun tujuan yang dilaksanakan pada penelitian ini adalah menganalisis pengaruh eksitasi transient terhadap deformasi dan unjuk kerja poros *low pressure boiler feed pump*

I.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh yang timbul pada poros *low pressure*



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

boiler feed pump ketika menerima eksitasi transien terhadap deformasi dan unjuk kerja poros tersebut.



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Penelitian Sebelumnya

I kadek Dwi Permana (2016) melakukan penelitian terhadap getaran poros motor dan pompa yang mengalami *misalignment*. Melakukan teknik perawatan dengan menganalisis getaran pada motor dan pompa yang mengalami *misalignment* dengan dibantu alat ukur getaran. Hal ini digunakan guna meminimalisir peralatan *shut down* secara tiba-tiba. Dari hari penelitiannya diperoleh amplitudo tinggi pada pompa aksial kondisi getaran zona C sebesar 6.32 mm/s, serta amplitudo tinggi pada pompa horizontal kondisi getaran zona B sebesar 2.72 mm/s, berdasarkan ISO 10816-3. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diketahui bahwa secara keseluruhan getaran motor menunjukkan adanya kombinasi kerusakan *misalignment* parallel dan sudut. Pengaruh *misalignment* sudut sangat besar melalui hasil pengukuran arah aksial dan *looseness* bantalan melalui arah radial. Berdasarkan getaran pompa menunjukkan pengaruh dari *misalignment* kecil dan kerusakan yang lebih dominan adalah *looseness* dalam hal mempengaruhi tingginya getaran karena getaran secara harmonik dan acak hingga frekuensi tinggi pada arah radial maupun aksial.

Farandy Afrizal (2013) melakukan analisa kerusakan pada *centrifugal pump* P951E. Dimana penelitian ini dilakukan dengan inspeksi vibrasi dan pemeriksaan visual untuk mengetahui akar penyebab kerusakan. Dalam pengamatan terhadap grafik spectrum vibrasi diperoleh informasi adanya indikasi terjadinya *misalignment*. Selain itu, grafik juga menunjukkan bahwa kerusakan yang paling dominan adalah *unbalance* dan *structure looseness*. Maka dari penelitian ini diketahui bahwa kerusakan yang terjadi pada *centrifugal pump* karena adanya *misalignment*, *looseness* pada bearing dan



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

kerusakan *unbalance* yang terjadi pada pondasi pompa dan motor.

Moh. Ishak (2012) melakukan penelitian mengenai proteksi vibrasi pada pompa sentrifugal dengan menggunakan *fast fourier transform* dan *neural network*. Dalam penelitian ini diketahui bahwa amplitudo frekuensi *unbalance* putaran 3 kali lebih besar dari pada amplitudo pada kondisi *unfault* dengan kondisi frekuensi yang sama. Sedangkan kondisi *looseness*, amplitudo frekuensi dasar menjadi 2 kali nilai kondisi normal. Dengan menggunakan *neural network* akan diperoleh keberhasilan yang mencapai 90%

Fred R. Szenasi dan Walter W. von Nimitz melakukan analisa transien pada motor yang tersinkronisasi. Filosofi penempatan kecepatan kritis torsional terhadap eksitasi transien dari suatu motor yang tersinkronisasi merupakan suatu hal yang penting untuk dipertimbangkan dalam mendesain suatu sistem. Eksitasi terjadi dari suatu motor yang tersinkronisasi selama proses awal disebabkan oleh *slipping* yang terjadi pada sistem listriknya. Sistem dari frekuensi natural diatur dengan baik untuk ketercapaian operasi yang berkelanjutan seperti nilai terendah dari eksitasi transien. Tingkatan respon dari eksitasi bergantung pada nilai percepatan, rata-rata torsi, dan dinamika torsi ketika terjadi resonansi. Frekuensi resonansi torsional dapat diatur dengan mengubah kekakuan dan inersia dari komponen agar dapat meminimalkan respon transien yang terjadi. Nilai yang diperbolehkan diawal mulai alat berhubungan secara langsung dengan nilai tegangan dan bergantung pada persentase dari tingkat kelelahan yang dialami tiap awal mulai alat.

J.C. Wachel dan Fred R. Szenasi melakukan analisa getaran torsional pada mesin yang berputar. Suatu sistem yang melewati frekuensi natural torsional ketika awal mulai alat dapat menghasilkan tegangan transien pada poros secara signifikan. Motor yang disinkronisasi membutuhkan suatu analisis transien torsional. Selama awal mulai awal, ketika

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

percepatan melewati suatu resonansi, tegangan akan secara normal lebih rendah dibandingkan dengan nilai ketika keadaan *steady-state*. Ketika motor mulai disinkronisasi, terjadi eksitasi karena *field slippage*. Bersamaan dengan meningkatnya kecepatan motor, frekuensi eksitasi torsional semakin menurun hingga nol. Selama proses awal mulai alat, sistem torsional akan tereksitasi pada frekuensi resonansinya dibawah 120 Hz.

II.2 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)

PLTGU adalah gabungan antara Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Karena itu PLTGU disebut juga sebagai *combine cycle power plant*. PLTG menggunakan bahan bakar gas atau minyak solar (HSD). Sedangkan PLTUnya tidak membutuhkan bahan bakar untuk memanaskan air hingga menjadi uap, yang kemudian digunakan untuk memutar turbin uap. Proses tersebut memanfaatkan gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran pada PLTG, yang masih mempunyai temperatur (panas) lebih kurang 500°C, yang digunakan untuk memanaskan air hingga menjadi uap pada *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). Selanjutnya uap hasil pemanasan tadi digunakan untuk memutar turbin uap (PLTU).

Dibandingkan dengan operasional pembangkit thermal yang lain, PLTGU mempunyai nilai efisiensi lebih tinggi karena proses operasionalnya justru memanfaatkan gas buang. Selain itu bila dibandingkan dengan PLTU batubara atau PLTU minyak dari segi waktu start lebih cepat, karena hanya membutuhkan 4 jam. Sedangkan PLTU berbahan bakar minyak atau batu bara membutuhkan waktu lebih kurang 8 jam. (PJB Gresik)

II.3 Heat Recovery Steam Generator

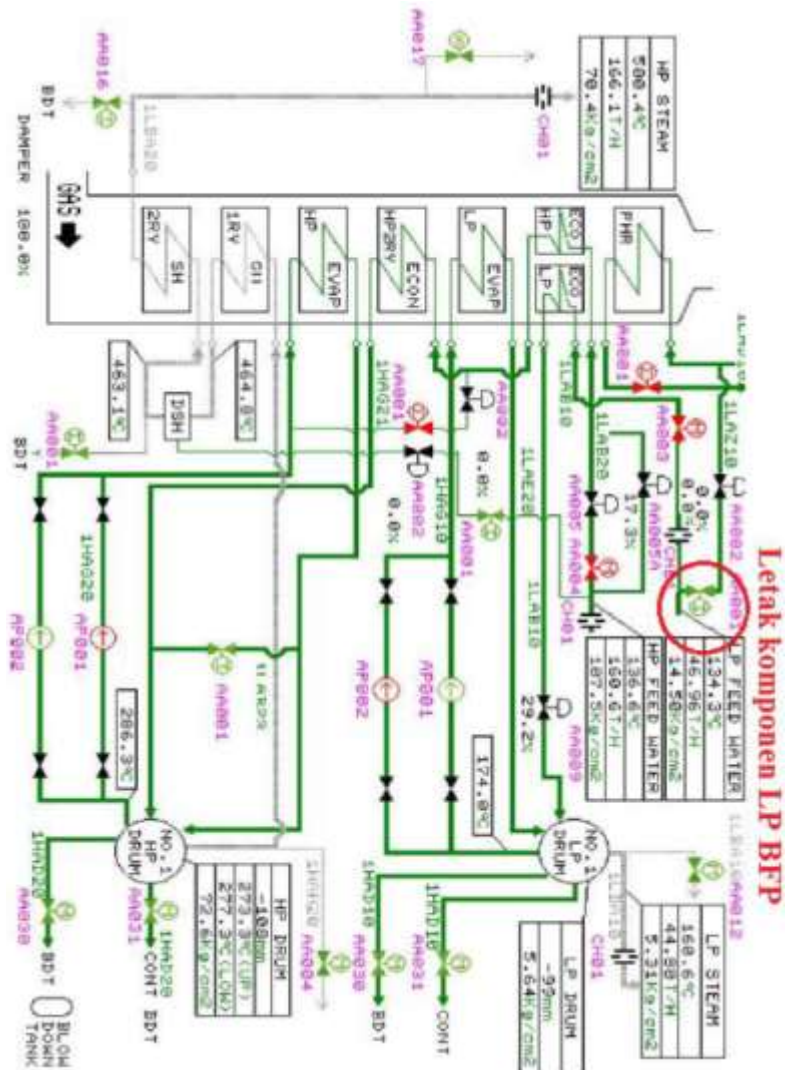
Boiler Heat Recovery Steam Generator sangat bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar yang dipakai pada unit turbin gas, yang selanjutnya akan menggerakkan unit turbin



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

uap. Sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan proses ini disebut Pusat Listrik tenaga Gas dan Uap (PLTGU) atau unit pembangkit siklus kombinasi CCPP (*Combined Cycle Power Plant*). *Boiler Heat Recovery Steam Generator* adalah bagian penting PLTGU. Dimana unit pembangkit PLTGU disebut juga Blok PLTGU. Siklus Pusat Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) adalah gabungan siklus *Brayton* turbin gas dan siklus *Rankine* turbin uap. *Boiler Heat Recovery Steam Generator* merupakan bagian dari siklus *Rankine*. *Heat Recovery Steam Generator* prinsipnya sebagai pembentuk uap bertekanan, dengan media panas berasal dari gas buang turbin gas. Kemudian uap bertekanan tersebut dipergunakan untuk menggerakkan turbin uap dan selanjutnya memutar generator. Produksi uap yang dapat dihasilkan *Heat Recovery Steam Generator* tergantung pada kapasitas energi panas yang masih dikandung gas buang dari unit turbin gas, yang berarti bergantung pada beban unit turbin gas. Pada dasarnya, turbin gas yang beroperasi pada putaran tetap, aliran udara masuk kompresor juga tetap. Perubahan beban turbin yang tidak konstan dengan aliran bahan bakar mengikuti perubahan, sehingga suhu gas buang juga berubah-ubah mengikuti perubahan beban turbin gas. Suhu gas buang unit turbin gas tetap konstan diperoleh dengan cara mengatur pembukaan sirip-sirip pemandu aliran udara masuk (IGV, *Inlet Guide Vane*) guna mengatur laju aliran udara masuk ke kompresor, dimana suhu gas buang sebagai umpan baliknya. Sebagian boiler HRSG dapat dilengkapi dengan pembakaran tambahan untuk meningkatkan kapasitas produksi uap nya dan sebagian produksi uapnya dapat digunakan untuk keperluan pemanasan aplikasi lainnya (*cogeneration*). Dengan pembakaran tambahan ini, kestabilan produksi uap HRSG dapat dipertahankan. Sehingga kestabilan turbin uap yang menggunakan uap itu dapat dijaga walaupun beban turbin gas berubah-ubah dan suhu gas buang turbin gas (aliran udara masuk kompresor) tidak harus dijaga tetap konstan (tidak diharuskan pengaturan IGV).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 2.1 Siklus Air dan Steam dalam HRSG (PJB Gresik,2015)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

Proses turbin gas (*open cycle*) ke dalam *Heat Recovery Steam Generator*. Gas buang yang masuk mempunyai temperatur yang masih tinggi, yaitu sekitar 540°C hingga dapat digunakan untuk memanaskan air dan membentuk uap di *Heat Recovery Steam Generator*. Di dalam *Heat Recovery Steam Generator* terdapat pipa-pipa kecil melintang atau yang disebut dengan *tube-tube*. Isinya adalah air, yang nantinya akan dipanasi oleh gas buang yang masuk, sehingga berubah menjadi uap. Secara umum proses pemanasan air dalam *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Proses pemanasan air dimulai dari bagian paling atas, yaitu air kondensat dipompa oleh *condensate extraction pump* dipanaskan di *preheater*.
2. Kemudian air yang sudah dipanaskan di *preheater* masuk ke *deaerator*, untuk menghilangkan kandungan udara dan zat-zat terlarut pada air kondensat, air kondensat yang masuk ke *deaerator* di-*spray* dengan uap tekanan rendah sehingga juga menaikkan temperatur air kondensat.
3. Dari *deaerator* untuk air tekanan rendah (*low pressure*) dipompa oleh *LP boiler feed pump* (LP BFP) masuk ke *LP economizer*, lalu masuk ke *LP drum*. Selanjutnya dipompa dengan *LP boiler circulation pump* (LP BCP), dan dilewatkan melalui *LP evaporator*. Di sini air bertekanan rendah tersebut akan meningkat temperaturnya, dan selanjutnya dialirkan ke *LP Steam drum* untuk dipisahkan antara air dan uap. Untuk air nya ditampung di bagian bawah drum, sedangkan uapnya disalurkan ke *LP steam turbin*.
4. Di sisi *High Pressure* (HP), dari *Deaerator*, air dipompa oleh *HP Boiler Feed Pump* (HP BFP) masuk ke *HP Primary Economizer*, lalu ke *HP Secondary Economizer*, dan masuk ke *HP Drum*. Selanjutnya dipompa oleh *HP Boiler Circulation Pump* (HP BCP) ke *HP Evaporator* sehingga air bertekanan tinggi tersebut akan meningkat temperaturnya. Dan



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

selanjutnya dialirkan ke *HP Drum* untuk dipisahkan antara air dan uap.

5. Air ditampung di bagian bawah *drum* untuk disirkulasikan lagi. Sedangkan untuk *steam*-nya dialirkan menuju ke *Primary Superheater*. Sebelum dialirkan ke *HP Steam Turbin*, uap kering yang terbentuk terlebih dahulu dialirkan ke *Primary Superheater* dan *Secondary Superheater*. Fungsinya untuk menaikkan temperatur uap kering tersebut hingga menjadi uap *superheat* sebelum digunakan dalam proses *HP Steam turbin*, diantara *Primary Superheater* dan *Secondary Superheater* terdapat *Desuperheater* yang berfungsi untuk mengatur temperatur, dimana temperatur *HP steam* dijaga pada set 507°C. menghindari temperatur lebih atau kurang. (PJB Gresik, 2015)

II.4 Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin untuk memindahkan cairan dari satu tempat ke tempat lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran. (Gusniar, 2014)

II.4.1 Klasifikasi Pompa

Klasifikasi pompa dapat dibedakan berdasarkan beberapa kriteria atau ketentuan, antara lain:

- a. Klasifikasi menurut jenis arah aliran nya.

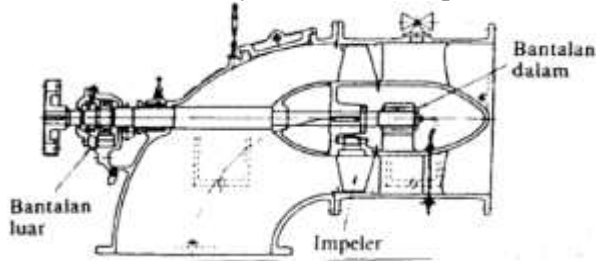
Menurut jenis impellernya, pompa dibagi menjadi tiga:



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

1. Pompa Aksial

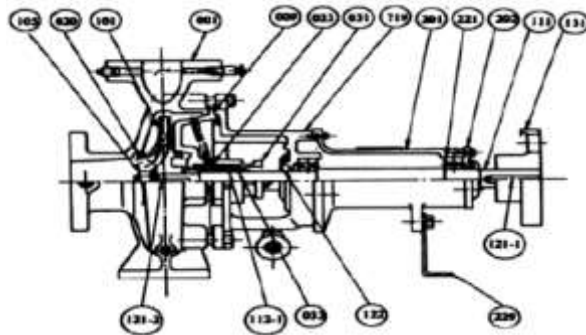
Pompa aksial adalah pompa yang pada saat terjadi kenaikan kecepatan putaran pada *impeller*, aliran pada saluran *discharge* arahnya aksial (searah poros).



Gambar 2.2 Pompa Aksial (Rosyid, 2010)

2. Pompa Sentrifugal (*Radial*)

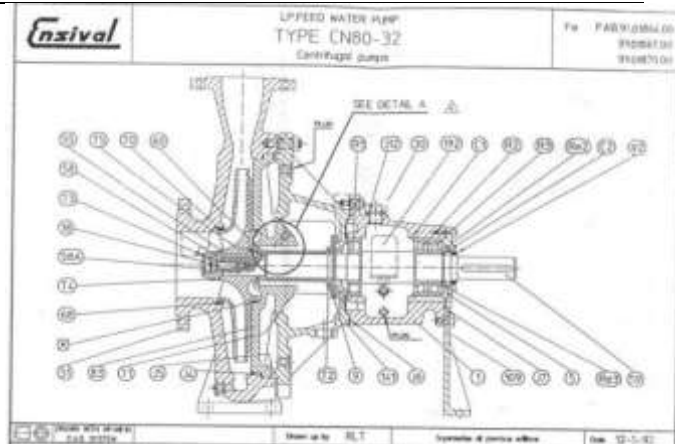
Pompa Sentrifugal adalah pompa yang dimana pada saat terjadi kenaikan kecepatan pada *impeller*, aliran *fluida* pada sisi *discharge* (keluaran) arahnya sentrifugal (tegak lurus porosnya)



Gambar 2.3 Pompa Sentrifugal (Rosyid, 2010)



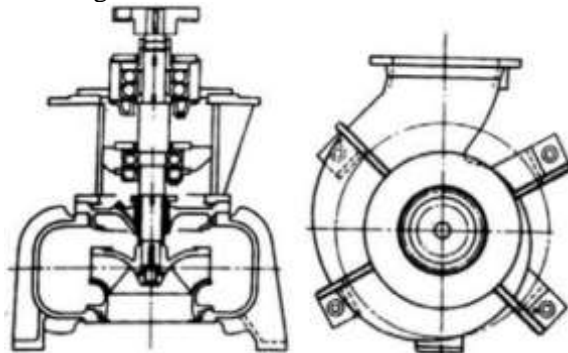
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 2.4 Low Pressure Boiler Feed Pump di PT PJB (PJB Gresik)

3. Pompa Campuran

Mixed pump adalah pompa yang pada saat terjadi kenaikan kecepatan putaran pada *impeller*, arah aliran pada saluran *discharge* merupakan gabungan antara sentrifugal dan aksial.



Gambar 2.5 Pompa Aliran Campuran (Rosyid, 2010)

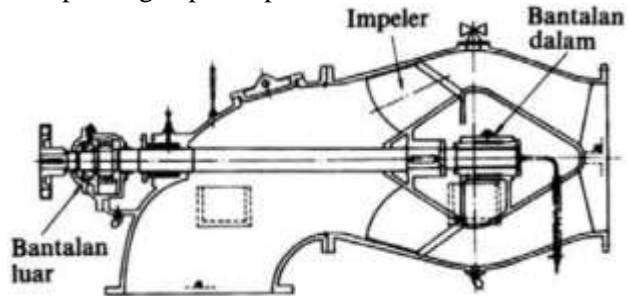


Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

- b. Klasifikasi menurut jenis poros
Menurut letak poros, pompa dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Poros Mendatar

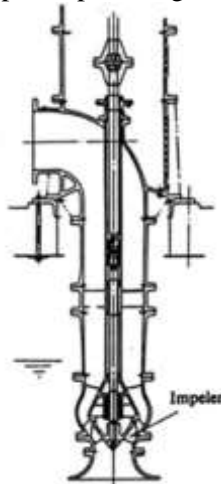
Pompa dengan posisi poros mendatar



Gambar 2.6 Pompa Jenis Poros Mendatar (Rosyid, 2010)

2. Poros Tegak

Pompa dengan posisi poros tegak



Gambar 2.7 Pompa Jenis Poros Tegak (Rosyid, 2010)

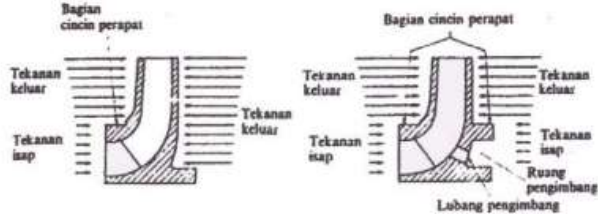


Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

- c. Klasifikasi menurut sisi masuk impeller
 Menurut sisi masuk impeller, pompa sentrifugal dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Pompa isapan tunggal (single suction)

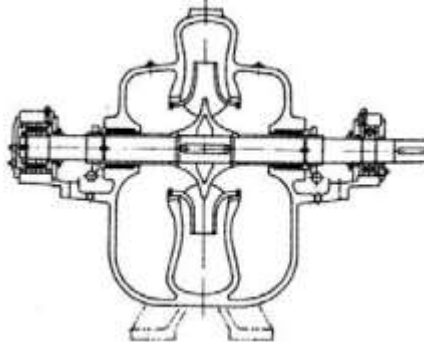
Pompa sentrifugal yang mempunyai sisi masuk hanya satu (tunggal).



Gambar 2.8 Pompa Isapan Tunggal (Rosyid, 2010)

2. Pompa isapan ganda (double suction)

Pompa sentrifugal yang mempunyai sisi masuk ganda atau mempunyai isapan ganda.



Gambar 2.9 Pompa Isapan Ganda (Rosyid, 2010)

II.5 Pompa Sentrifugal

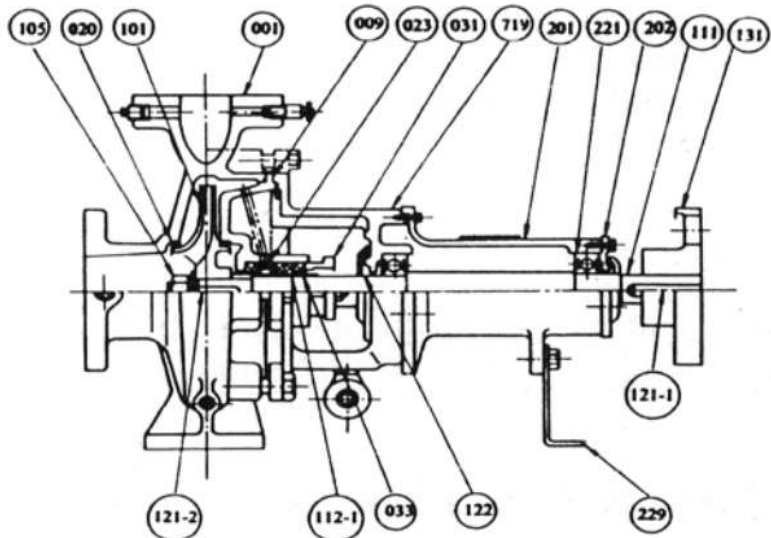
Pompa sentrifugal adalah pompa salah satu jenis pompa pemindah nonpositif yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu *impeller* yang berputar dalam *casing*.



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

II.5.1 Komponen-Komponen Pompa

Komponen-komponen penting dari pompa sentrifugal adalah komponen yang berputar dan komponen tetap. Komponen berputar terdiri dari poros impeler, sedangkan komponen yang tetap adalah rumah pompa (*casing*), bantalan (*bearing*), komponen lainnya dapat dilihat secara lengkap dan nama-nama komponen pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Konstruksi Pompa (Sari, 2013)

Keterangan Gambar :

- 009. Tutup rumah pompa
- 011. Rumah pompa
- 020. Cincin penyekat
- 031. Penekan paking
- 033. Paking
- 101. Impeler
- 105. Mur impeler
- 111. Poros

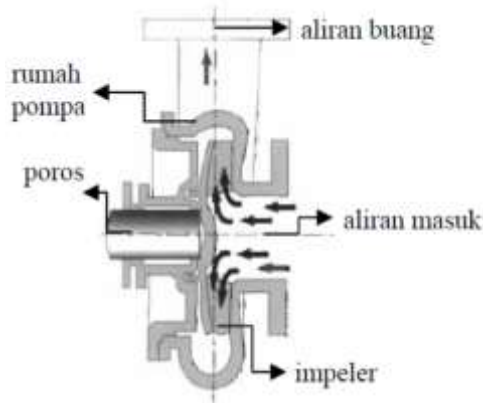


Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

- 112-1. Selubung
- 121-1. Pasak
- 122-1. Pasak
- 122. Cincin konstruksi
- 131. Kopling
- 201. Rumah bantalan
- 202. Tutup bantalan
- 229. Penopang
- 779. Penyangga

II.5.2 Prinsip Kerja Pompa

Pada pompa terdapat sudut-sudut impeler Gambar 2.12 yang berfungsi mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi (Gambar 2.11). Impeler dipasang pada poros pompa yang berhubungan dengan motor penggerak, biasanya motor listrik atau motor bakar.



Gambar 2.11 Proses Pemompaan (Sari, 2013)

Poros pompa akan berputar apabila penggeraknya berputar, karena poros pompa berputar impeler dan sudut-sudut impeler berputar zat cair yang di dalamnya akan ikut berputar sehingga tekanan dan kecepatannya naik dan terlempar dari

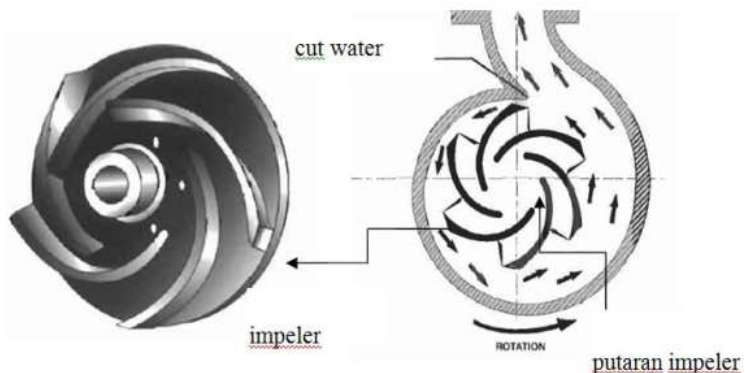


Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

tengah pompa ke saluran yang berbentuk volut atau spiral yang kemudian disalurkan keluar melalui nosel.

Jadi fungsi impeler pompa adalah merubah energi mekanik yaitu putaran impeler menjadi energi fluida (zat cair). Jadi, zat cair yang masuk pompa akan mengalami penambahan energi. Pertambahan energi pada zat cair mengakibatkan pertambahan *head* tekan, *head* kecepatan dan *head* potensial. Jumlahh dari ketiga bentuk head tersebut dinamakan *head* total. *Head* total pompa juga bisa didefinisikan sebagai selisih *head* total (energi persatuan berat) pada sisi pompa dengan sisi keluar pompa.

Pada Gambar 2.12 aliran air di dalam pompa akan ikut berputar karena gaya sentrifugal dari impeler yang berputar.



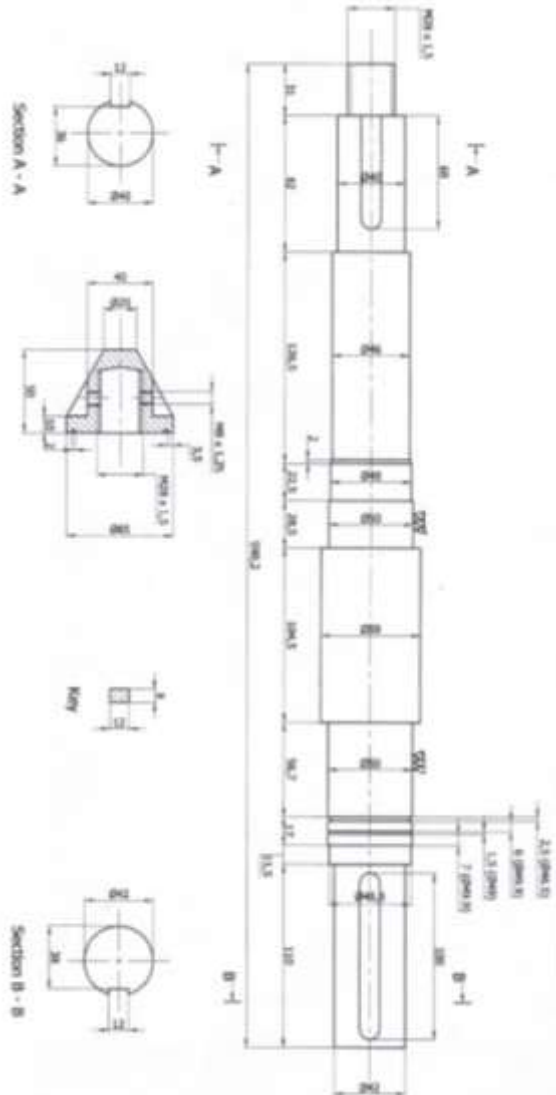
Gambar 2.12 Penampang Impeler dan Perubahan Energi Pompa
(Sari, 2013)

II.6 Geometri Komponen yang Mengalami Kegagalan

Komponen yang mengalami kegagalan yang menjadi objek penelitian pada tugas akhir ini adalah poros dari *low pressure boiler feed pump* dari plant PLTU PT PJB Unit Pembangkit Gresik yang bisa dilihat pada Gambar 2.13



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 2.13 *Poros Low Pressure Boiler Feed Pump dan Ukurannya (PJB Gresik)*



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

II.7 Poros

Dalam buku Machine Design (Khurmi & K.Gupta, 2005) dijelaskan bahwa poros adalah suatu elemen mesin yang berputar untuk meneruskan tenaga dari sumber tenaga ke bagian mesin lain nya. Tenaga di transmisikan pada poros melalui gaya tangensial dan torsi yang kemudian akan disalurkan pada berbagai komponen mesin lain nya, untuk menyalurkan tenaga ini biasa nya melalui *gear* atau *pulley*.

II.7.1 Material yang digunakan untuk poros

Dalam melakukan pemilihan material untuk poros, harus diperhatikan beberapa hal. Kriteria sifat-sifat material yang penting untuk mendapatkan poros yang baik adalah sebagai berikut:

- a. Harus mempunyai kekuatan yang tinggi
- b. Harus mempunyai sifat mampu mesin yang baik
- c. Mempunyai factor sensitivitas terhadap takikan yang rendah
- d. Mempunyai sifat heat treatmen yang baik
- e. Mempunyai ketahanan aus yang baik

II.7.2 Tipe Poros

Dibawah ini dijelaskan dua tipe poros yang ada yaitu *transmission shaft* dan *machine shaft*

- a. *Transmission shaft* : adalah poros yang mentransmisikan tenaga dari sumber tenaga menuju komponen mesin lainnya. *Counter shaft*, *line shaft*, *over head shaft*, dan seluruh jenis poros yang digunakan dalam suatu pabrik adalah *transmission shaft*. Poros jenis ini biasanya mempunyai gear ataupun pulley untuk mentransmisikan tenaga, shaft jenis ini biasanya dikenai bending maupun torsi.
- b. *Machine shaft* : poros jenis ini adalah bagian dari suatu mesin itu sendiri, *crank shaft* adalah salah satu contoh dari *machine shaft*.



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

II.7.3 Tegangan pada Poros

Pada poros ada beberapa jenis tegangan yang bekerja, dibawah ini dijelaskan tegangan-tegangan yang bekerja pada poros

- a. *Shear stress* karena adanya torsi
- b. *Bending stress (tensile/compressive)* akibat adanya gaya akibat adanya gear ataupun pulley dan juga akibat berat dari poros itu sendiri
- c. Tegangan kombinasi dari torsi dan bending.

Pada poros mesin yang berputar biasanya terjadi *torsional bending* dimana beban bending bekerja pada poros yang berputar.

II.7.4 Desain poros

Desain poros bisa didasarkan oleh dua hal yaitu (1)kekuatan serta (2)kekakuan dan rigiditas, pada desain poros berbasis kekuatan kasus-kasus dibawah ini biasa nya diperhatikan:

- a. Poros yang di desain untuk menerima torsi
- b. Poros yang di desain untuk menerima momen bending
- c. Poros yang di desain untuk menerima kombinasi tegangan dari torsi dan momen bending
- d. Poros yang di desain untuk menerima beban axial yang dikombinasikan dengan torsi dan momen bending.

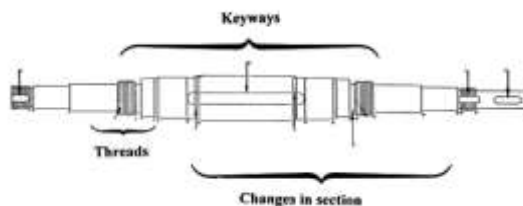
II.7.5 Faktor Konsentrasi Tegangan

Lokasi-lokasi kritis biasa nya pada lapisan luar, pada lokasi axial dimana momen bending besar, lokasi dimana ada torsi, dan dimana terdapat tegangan yang terkonsentrasi.

Proses analisis tegangan untuk mengetahui adanya kelelahan bergantung pada konsentrasi tegangan. Konsentrasi tegangan pada leher poros maupun pada rumah pasak bergantung pada spesifikasi ukurannya, untungnya karena sering digunakan maka ukuran dari leher poros maupun rumah pasak ini sudah ada standar-standar tertentu sehingga memudahkan untuk mengestimasi nilai factor konsentrasi tegangan.



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 2.14 Daerah Kritis pada Poros

II.8 Getaran Mekanis

Getaran adalah gerakan berisolasi dari sistem mekanis serta kondisi-kondisi dinamisnya. Gerakan dapat berupa benturan yang berulang serta kontinyu atau dengan kata lain dapat juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak. Getaran sebagai fenomena alam merupakan kecenderungan respons alam atau respon yang terjadi, baik langsung maupun tidak langsung, akibat terjadinya peristiwa alam. Getaran merupakan salah satu fenomena alam.

Contoh penjelasan teknik untuk fenomena getaran mesin terhadap fondasi antara lain getaran mesin disebabkan oleh adanya variasi oleh sistem penggerak menjadi gaya yang memiliki resultan tidak sama dengan nol atau resultan gaya dengan harga berubah – ubah. Gaya di dalam sebuah mesin selalu berubah, baik harga maupun arahnya, belum lagi ditambah gaya luar sebagai gangguan misalnya dari efek inersia. Getaran mesin juga dapat terjadi antara lain oleh gaya putar atau torsi yang tidak seimbang, dalam artian gaya tersebut tidak mempunyai harga tetap; perubahan tekanan gas dalam torak dan perubahan gaya kelembaman atau momen lentur dalam setiap getaran benda. Kalau gaya yang berubah – ubah dalam mesin ini terjadi pada kecepatan yang sama dengan getaran frekuensi pribadi dari struktur atau konstruksi keseluruhan mesin maka resonansi akan terjadi. Resonansi akan menyebabkan amplitude getaran menjadi naik secara teoritis



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

dengan ideal frekuensi hingga mencapai tak berhingga. (Karyasa, 2011)

II.8.1 Klasifikasi Getaran

- a. Getaran bebas didefinisikan sebagai getaran yang terjadi pada suatu sistem (mekanisme) tanpa adanya pengaruh luar (eksitasi) yang mempengaruhinya. Getaran ini merupakan respon natural pada suatu struktur yang mengalami dampak atau pergeseran
- b. Getaran paksa dapat didefinisikan sebagai getaran yang terjadi pada suatu sistem karena adanya rangsangan gaya luar. Getaran ini merupakan respon dari gaya yang berulang-ulang dan menyebabkan struktur bergetar pada frekuensi eksitasinya.
- c. Getaran tak teredam adalah getaran dimana tidak ada kehilangan energi yang disebabkan tahanan selama osilasi.
- d. Getaran teredam adalah getaran dimana terjadi kehilangan energi yang disebabkan tahanan selama osilasi
- e. Getaran linier adalah semua komponen sistem yang bergetar, baik itu pegas, massa, dan peredam berperilaku linier.
- f. Getaran non-linier adalah semua komponen sistem yang bergetar baik itu pegas, massa, dan peredam berperilaku non linier.
- g. Getaran *deterministic* adalah getaran di mana harga eksitasi yang bekerja pada sistem diketahui setiap saat.
- h. Getaran random atau getaran acak adalah getaran di mana harga eksitasi yang bekerja pada sistem tidak dapat diperkirakan. (Karyasa, 2011)
- i. Getaran sinusoidal adalah getaran spesial. Struktur digetarkan oleh suatu gaya normal pada suatu frekuensi. (LDS-Dactron, 2003)



II.9 Transien (Gejala Peralihan)

Gejala peralihan atau transien merupakan perubahan nilai tegangan atau arus maupun keduanya baik sesaat maupun dalam jangka waktu tentu (dalam orde mikro detik) dari kondisi tunaknya (*steady state*). Penyebabnya adalah dapat dari lingkungan atau faktor eksternal seperti dari lingkungan atau faktor eksternal seperti petir, dan dapat juga akibat perlakuan terhadap sistem itu sendiri atau faktor internal seperti *switching*. Transien sudah lama digunakan dalam istilah tenaga listrik sebagai sesuatu kejadian yang sebenarnya tidak diinginkan dan sifatnya sangat cepat, namun merupakan suatu kejadian yang alami sehingga tidak dapat dicegah. Kondisi transien dapat berupa tegangan maupun arus. (Prayitno, et al., 2013)

Getaran transien merupakan getaran yang terjadi secara berkelanjutan dalam suatu sistem mekanik. Hal ini dapat disebabkan oleh getaran paksa atau bebas, atau keduanya. Beban transien juga disebut sebagai dampak atau kejutan secara mekanik, merupakan eksitasi yang nonperiodik.

Dalam kehidupan nyata, kejutan secara mekanik sering terjadi. Contoh kejutan seperti *forging hammer*, benda yang jatuh dari ketinggian.

Fungsi gaya spektrum yang diberikan merupakan suatu plot dari kuantitas respon, dipilih untuk menggambarkan suatu pengaruh dari suatu fungsi gaya dalam satu derajat kebebasan, berbanding dengan rasio dari karakteristik periodik. Mengenai fenomena kejutan lebih cocok mengkaitkan dengan perubahan waktu *impulse*. Pendekatan ini sesuai karena eksitasi pembebanan transien terjadi relatif dalam waktu yang singkat. Hal ini mengarahkan penggunaan spektrum secara periodik.

Nilai maksimum absolut dari *displacement*, kecepatan, atau percepatan dari sistem yang muncul pada suatu waktu yang merupakan hasil dari fungsi gaya disebut sebagai respon *maximax*



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

Nilai maksimum *displacement* dari suatu sistem selama di daerah getaran sisa disebut sebagai amplitudo yang menentukan posisi akhir ekuilibrium (Ledezma, n.d.)

Suatu kejut yang sederhana dapat didefinisikan sebagai suatu transmisi kinetik pada sistem yang menggunakan waktu yang singkat dibandingkan dengan waktu osilasi natural sistem.

Kejut dan getaran transien dapat dijeaskan dalam bentuk gaya, akselerasi, kecepatan, *displacement* dan untuk memperoleh penjelesaian yang lengkap diperlukan peroleh waktu yang tepat.

Dalam banyak permasalahan bentuk gelombang tidaklah menjadi tujuan utama, tetapi lebih kepada estimasi pengaruh atau efek dari kejut atau getaran transien pada sistem mekanik. Metode yang paling berguna untuk mendeskripsikan yaitu dengan analisis Fourier. Jika fungsi waktu untuk kejut adalah $f(t)$ maka bentuk persamaan Fourier adalah (Broch, 1984)

$$F(f) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-i2\pi ft} dt \quad (2.1)$$

II.10 Kestabilan Transien Sistem Tenaga

Arus yang mengalir pada sebuah generator ac atau motor serempak bergantung pada besarnya tegangan yang dibangkitkan, pada sudut fasa tegangan dalam (internal) relatif terhadap sudut fasa tegangan dalam pada semua mesin lain yang ada pada sistem, dan pada karakteristik jaringan dan beban

Sudut fasa tegangan-dalam tergantung pada posisi relatif rotor-rotor mesin. Jika keadaan serempak dari generator-generator pada suatu sistem tidak dipelihara, sudut fasa dari tegangan-dalamnya akan selalu berubah-ubah satu terhadap yang lainnya, dan keadaan ini tidak aan memungkinkan pengoperasian yang baik. Sudut fasa tegangan-dalam pada mesin-mesin serempak dapat tetap konstan hanya juka kecepatan semua mesin tetap konstan yaitu sama dengan kecepatan yang sesuai dengan frekuensi fasor acuan. Jika beban



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

pada salah satu generator atau pada keseluruhan sistem berubah, arus yang mengalir pada generator atau pada keseluruhan sistem yang berubah. Jika perubahan arus tidak menyebabkan perubahan pada besarnya tegangan-dalam mesin, sudut fasa tegangan-dalam harus berubah. Jika perubahan sesaat pada kecepatan diperlukan untuk mendapatkan pengaturan sudut fasa tegangan yang satu terhadap yang lain, karena sudut fasa ditentukan oleh posisi relatif rotor-rotornya. Jika mesin-mesin sudah menyesuaikan diri masing-masing pada sudut fasa yang baru, atau jika suatu gangguan yang mengakibatkan perubahan sesaat pada kecepatan sudah ditiadakan, mesin-mesin tersebut kembali beroperasi pada kecepatan serempak. Jika salah satu mesin tidak tetap serempak dengan keseluruhan sistem, terjadiah arus sirkulasi (*circulating current*) yang besar. Dalam suatu sistem yang dirancang cukup baik, beroperasi relei dan pemutus arus akan melepaskan mesin ini dari keseluruhan sistem. Masalah kestabilan adalah masalah pemeliharaan keadaan serempak dari generator-generator dan motor-motor dalam suatu sistem, studi kestabilan terbagi dalam studi untuk kondisi keadaan-tetap dan kondisi peralihan.

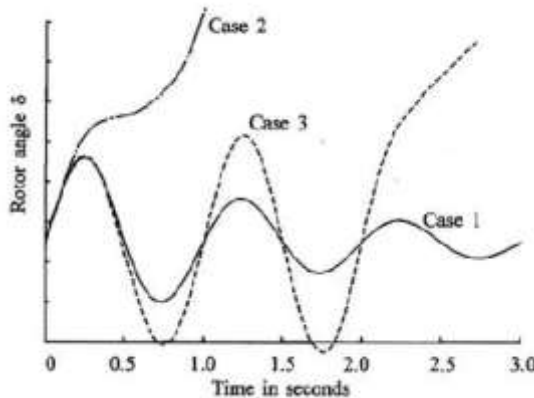
Kestabilan transien adalah kemampuan dari sistem tenaga untuk mempertahankan sinkronisme ketika terjadi gangguan transien yang besar. Respon sistem yang dihasilkan menyangkut sudut rotor generator dan dipengaruhi oleh hubungan sudut daya yang tidak linear. Kestabilan tergantung pada kondisi awal operasi sistem dan tingkat dari gangguan tersebut. Biasanya sistem tersebut akan diubah setelah terjadi gangguan kondisi stabil berbeda dari sebelum terjadi gangguan.

Gambar 2.15 mengilustrasikan kondisi mesin sinkron dalam keadaan stabil dan tidak stabil, ini memperlihatkan respon dari sudut rotor pada kondisi stabil dan tidak stabil. Pada kasus pertama sudut rotor meningkat menjadi maksimum, kemudian menurun dan berosilasi dengan penurunan amplitude hingga mencapai kondisi stabil. Pada kasus kedua sudut rotor terus meningkat sampai kehilangan sinkron. Ketidakstabilan ini



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

merupakan ketidakstabilan ayunan pertama disebabkan tidak cukupnya torsi sinkronisasi. Pada kasus ke tiga sistem stabil pada ayunan pertama tapi menjadi tidak stabil akibat dari meningkatnya osilasi pada kondisi akhir.



Gambar 2.15 Respon Sudut Rotor Terhadap Gangguan Tansien (Santoso, 2014)

II.11 Akibat Pembebanan Trasien

Seperti yang diketahui bahwa beban kejut sifatnya tiba-tiba, tidak dapat diperkirakan peristiwanya, dan terjadi dalam waktu yang singkat yang berhubungan dengan frekuensi natural sistem. Suatu transien dapat berhubungan dengan beberapa siklus frekuensi natural sistem. Berbagai parameter digunakan untuk mendeskripsikan mengenai perpindahan energi yang berlangsung secara cepat yang berupa kejut seperti gaya, akselerasi, kecepatan, atau *displacement* yang selalu diperlukan untuk memperoleh waktu kejut yang ditentukan. Informasi ini diperlukan untuk tetapi bukan sebagai hasil melainkan untuk memperkirakan pengaruh dari kejut pada bagian tertentu dalam sistem. Insinyur lebih tertarik untuk mengetahui pengaruh dari sistemnya untuk aplikasi suatu kejut seperti perlakuan yang



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

keras, ledakan, dampak, benturan. Panjangnya, waktu, bentuk khusus dari pengaruh kejutan, dan segala hal yang mempengaruhi respon maksimum pada strukturlah yang menjadi pertanyaan. Karena hal ini, konsep dari getaran spektrum banyak digunakan untuk membandingkan perubahan kejutan, merancang tes laboratorium, dan mendesain peralatan yang tahan terhadap beban kejutan.

Kejut secara mekanik merupakan suatu hal yang penting dalam desain dan operasi mesin dan struktur karena beban secara instan memiliki kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan keadaan normal. Analisa kejutan dan transien berfokus dengan desain dari sistem agar dapat bertahan pada suatu lingkungan atau peredam dari beban pada sistem dengan pengepakan atau isolator untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh beban kejutan. Kerusakan yang disebabkan oleh beban kejutan akan menyebabkan kerusakan. (Broch, 1984)

Shock and Water Loading terjadi karenanya adanya pembebanan secara tiba-tiba mengacu pada perubahan tekanan dan aliran secara cepat yang disebabkan oleh kondisi aliran transien dalam saluran perpipaan. Tekanan transien terjadi secara signifikan secara cepat dapat terjadi karena pompa ditutup secara cepat atau pompa dihentikan secara tiba-tiba. Peristiwa transien ini bertanggung jawab atas rusaknya peralatan, pecahnya pipa, lepasnya tekukan, dan aliran balik dari cairan kotor ke sistem distribusi secara intrusi, selain itu hal ini juga dapat menyebabkan kerusakan pada pompa, kelelahan pada sistem (Boulus, n.d.)

II.12 Fatigue

Fatigue adalah kegagalan yang terjadi karena pembebanan dinamis dan fluktuatif dengan pembebanan di bawah tegangan luluh untuk beban statis. *Fatigue* merupakan kegagalan terbesar pada kegagalan logam dan hampir 90%. Kegagalannya *fatigue*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

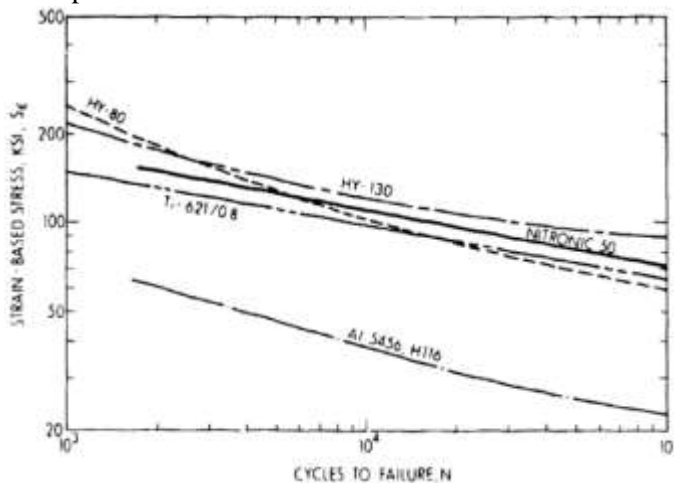


Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

berbahaya, karena tidak memberikan tanda-tanda kegagalan yang jelas. Setiap material umumnya memiliki kurva S-N, dimana *stress amplitudes* sesuai dengan persamaan 2.2, sedangkan N merupakan logaritma dari jumlah *cycle*.

$$\sigma_a = \frac{\sigma_r}{2} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (2.2)$$

Secara umum *fatigue life* dibedakan menjadi dua, yaitu : *low-cycle fatigue* dan *high-cycle fatigue*. Pada *low-cycle fatigue* terjadi kurang dari 10^4 - 10^5 *cycle*, sedangkan *high-cycle fatigue* dari 10^5 hingga patah (Calister, 2009). Nitronic merupakan salah satu logam yang digunakan sebagai bahan baku produksi poros *low pressure boiler feed pump*, pada gambar 2.16 bisa dilihat pada kurva S-N nitronic 50.



Gambar 2.16 Kurva S-N material Nitronic 50 (Caplan, 1967)

II.13 Finite Element Method

Suatu benda solid dalam proses deformasinya pada suatu waktu dan $\delta \mathbf{u} = \delta \mathbf{u}(\mathbf{x})$ dapat digambarkan suatu *infinitesimal displacement field*. Menggunakan suatu persamaan turunan dari



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

prinsip momen linear dan angular di atas, kita dapat menurunkan *principle of virtual work* sebagai berikut

$$\int_S T \delta u dS + \int_V (f - \rho \mathbf{a}) \delta u dV = \int_V \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sigma_{ij} \delta \varepsilon_{ij} dV \quad (2.3)$$

Dimana

$$\delta \varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} \left[\frac{\partial(\delta u_i)}{\partial x_j} + \frac{\partial(\delta u_j)}{\partial x_i} \right] \quad (2.4)$$

adalah regangan *infinitesimal* yang diperoleh dari proses deformasi pada suatu nilai waktu yang dihubungkan dengan *displacement*.

Jika diasumsikan $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$ dan *principle of virtual work* untuk seluruh $\delta \mathbf{u}$ dari *displacement* dan regangan yang sesuai $\delta \varepsilon$, itu akan menjelaskan persamaan turunan dari prinsip momen linier. *Principle of virtual work* digunakan dalam pengembangan *finite element method* untuk analisa mekanika solid

Jika $\delta \mathbf{u}$ merupakan *displacement field* yang melalui benda solid dengan penambahan $\delta \mathbf{t}$ berdasarkan waktu. Dimana $\delta \mathbf{u} / \delta t = \mathbf{v}$ dan nilai $D_{ij} = \left(\frac{1}{2} \right) \left(\frac{\partial v_i}{\partial v_j} + \frac{\partial v_j}{\partial v_i} \right)$, D_{ij} merupakan *deformation rate*) maka hubungan antara kerja-energi menjadi

$$\int_S T v \delta S + \int_V f v dV = \frac{1}{2} \int_V \frac{1}{2} \rho v v dV + \int_V \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sigma_{ij} D_{ij} dV \quad (2.5)$$

(Rice, 2010)

II.14 ANSYS

ANSYS merupakan sebuah software berbasis finite element methods yang memiliki kemampuan untuk memecahkan berbagai masalah struktur, elektromagnetik dan perpindahan panas dan digunakan oleh insinyur desain untuk menentukan perpindahan, kekuatan, tekanan, strain, suhu dan medan magnet. Grafis, *preprocessing*, solusi dan *postprocessing* semua dapat dilakukan dalam software lengkap ini. Kemampuan analitik yang luas ini telah menarik pengguna ANSYS dari berbagai bidang industri seperti nuklir, *aerospace*,



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

transportasi, medis, petrokimia, baja, elektroknik dan konstruksi sipil. ANSYS apdl adalah salah satu jenis ANSYS *parametric design language* dan dapat digunakan untuk membangun model dengan parameter tertentu. Pengguna ANSYS dapat mensimualsikan model dua dan tiga dimensi termasuk permukaan, *shells*, pegas, *beam* dan lainnya. (Niku-Lari, 1986)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

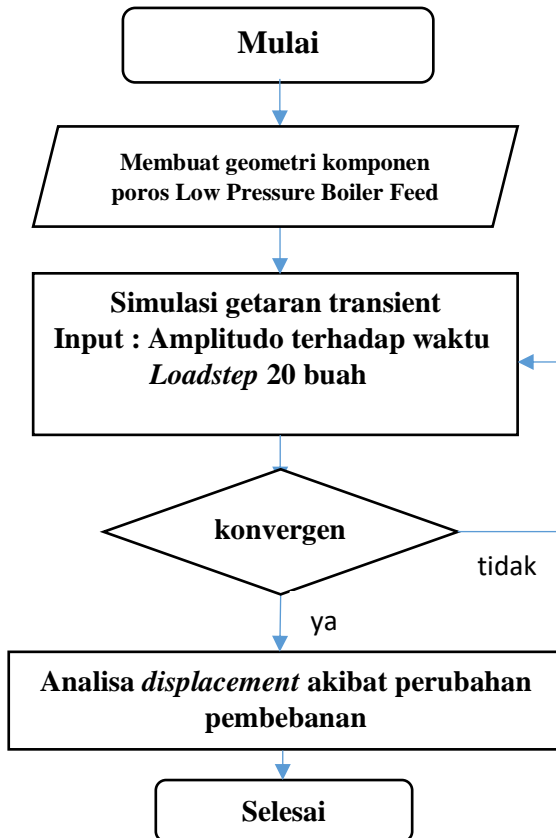
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB III **METODOLOGI PENELITIAN**

III.1 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir yang digunakan dalam penelitian tugas akhir :



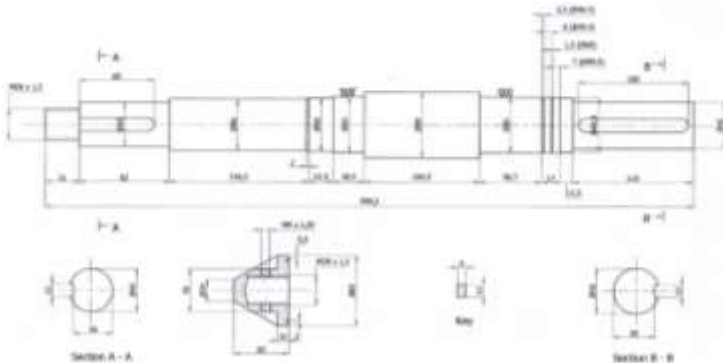
Gambar 3.1 Diagram Alir



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

III.2 Materi Penelitian

III.2.1 Objek Penelitian



**Gambar 3.2 2D Drawing Shaft Low Pressure Boiler
Feed Pump**

Material yang digunakan pada poros pompa tersebut adalah Nitronic 50 dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Nitronic 50 ((Electroalloy, 2013)

Unsur	%	
	Min	Max
Carbon	-	0,006
Manganese	4,0	6,000
Phoporus	-	0,040
Sulfur	-	0,030
Silicon	0,2	0,750
Chromium	20,5	23,500
Nickel	11,5	13,500
Molybdenuem	1,5	3,000
Nitrogen	0,2	0,400
Columbium	0,1	0,300
Vanadium	0,1	0,300



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

Tabel 3.2 Sifat Mekanik Nitronic 50 (Electroalloy, 2013)

Unsur	Nitronic 50
Modulus Elastisitas	$199 \times 10^3 \text{ MPa}$
Poison Ratio	0,312
Densitas (ρ)	$7,88 \text{ gm/cm}^3$

III.2.2 Peralatan Penelitian

Perlatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. ANSYS merupakan perangkat lunak yang dapat menyelesaikan masalah elemen hingga mulai dari permodelan sampai dengan analisa yang memiliki tingkat keakuratan tinggi. Digunakan pada berbagai permasalahan yang terjadi pada suatu struktur. Di samping itu, perangkat ini dapat menganalisa penyebaran panas dan tegangan yang diterima oleh suatu struktur.

III.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pemberian beban berdasarkan fungsi terhadap waktu terhadap poros *low pressure boiler feed pump*. Dimana pembeban ini akan menunjukkan deformasi dan unjuk kerja dari poros *low pressure boiler feed pump*.

1. Percobaan 1

Tabel 3.3 Percobaan 1

<i>Input</i>	<i>Output</i>
Amplitudo (17233 N)	<i>Displacement</i> pada $t = 1$
Waktu (20 detik)	<i>Displacement</i> pada $t = 2$
	<i>Displacement</i> pada $t = 3$
	<i>Displacement</i> pada $t = 4$
	<i>Displacement</i> pada $t = 5$
	<i>Displacement</i> pada $t = 6$
	<i>Displacement</i> pada $t = 7$



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

Displacement pada $t = 8$
Displacement pada $t = 9$
Displacement pada $t = 10$
Displacement pada $t = 11$
Displacement pada $t = 12$
Displacement pada $t = 13$
Displacement pada $t = 14$
Displacement pada $t = 15$
Displacement pada $t = 16$
Displacement pada $t = 17$
Displacement pada $t = 18$
Displacement pada $t = 19$
Displacement pada $t = 20$

2. Percobaan 2

Tabel 3.4 Percobaan 2

<i>Input</i>	<i>Output</i>
Amplitudo (22306 N) Waktu (20 detik)	<i>Displacement</i> pada $t = 1$
	<i>Displacement</i> pada $t = 2$
	<i>Displacement</i> pada $t = 3$
	<i>Displacement</i> pada $t = 4$
	<i>Displacement</i> pada $t = 5$
	<i>Displacement</i> pada $t = 6$
	<i>Displacement</i> pada $t = 7$
	<i>Displacement</i> pada $t = 8$
	<i>Displacement</i> pada $t = 9$
	<i>Displacement</i> pada $t = 10$
	<i>Displacement</i> pada $t = 11$
	<i>Displacement</i> pada $t = 12$
	<i>Displacement</i> pada $t = 13$
	<i>Displacement</i> pada $t = 14$
	<i>Displacement</i> pada $t = 15$
	<i>Displacement</i> pada $t = 16$
	<i>Displacement</i> pada $t = 17$
	<i>Displacement</i> pada $t = 18$
	<i>Displacement</i> pada $t = 19$



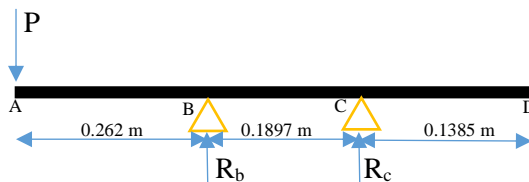
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

Displacement pada t = 20

3. Percobaan 3

Tabel 3.5 Percobaan 3

<i>Input</i>	<i>Output</i>
Amplitudo (28025 N)	<i>Displacement pada t = 1</i>
Waktu (20 detik)	<i>Displacement pada t = 2</i>
	<i>Displacement pada t = 3</i>
	<i>Displacement pada t = 4</i>
	<i>Displacement pada t = 5</i>
	<i>Displacement pada t = 6</i>
	<i>Displacement pada t = 7</i>
	<i>Displacement pada t = 8</i>
	<i>Displacement pada t = 9</i>
	<i>Displacement pada t = 10</i>
	<i>Displacement pada t = 11</i>
	<i>Displacement pada t = 12</i>
	<i>Displacement pada t = 13</i>
	<i>Displacement pada t = 14</i>
	<i>Displacement pada t = 15</i>
	<i>Displacement pada t = 16</i>
	<i>Displacement pada t = 17</i>
	<i>Displacement pada t = 18</i>
	<i>Displacement pada t = 19</i>
	<i>Displacement pada t = 20</i>

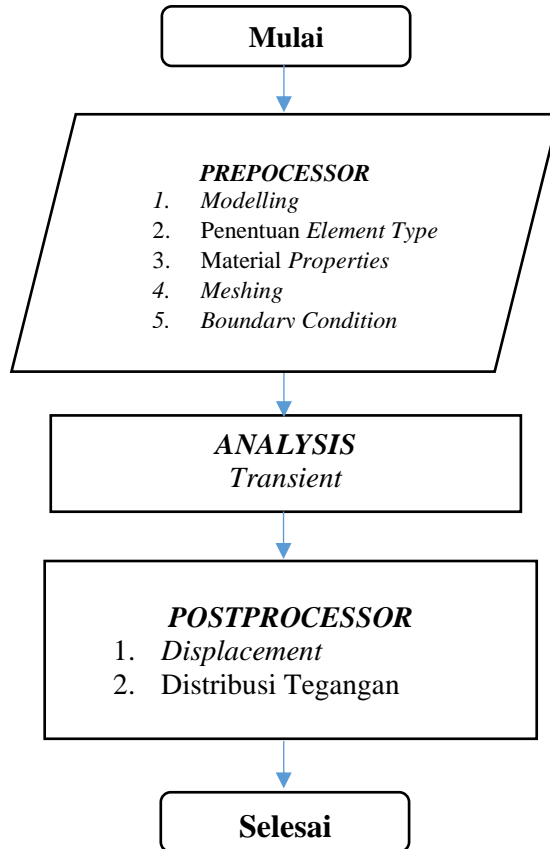


Gambar 3.3 Pembebanan yang Terjadi Pada Poros



III.4 Permodelan dengan ANSYS 16.0

Diagram alir permodelan poros *Low Pressure Boiler Feed Pump* dengan menggunakan ANSYS Mechanical APDL Release 16.0 dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.4 Diagram Alir Pemodelan
Menggunakan *Software* ANSYS



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

III.4.1 Permodelan poros LP BFP

Pada penelitian ini terdapat satu jenis desain poros. Desain tersebut dibuat sesuai dengan desain yang kami peroleh dari PT. PJB. Desain ini dibuat menggunakan software ANSYS. Tipe elemen solid yang digunakan adalah brick 8 node 186.

III.4.2 Properti Material

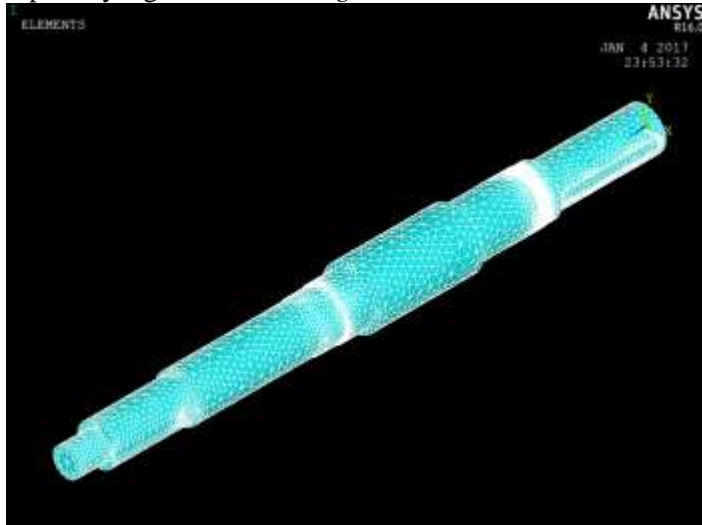
Material nitronic 50 berfungsi sebagai bahan penyusun poros LP BFP, data sifat mekanik material pada tabel sebelumnya dimasukkan ke dalam data linear isotropik. Pengujian *fatigue* dilakukan dengan pembebanan didaerah elastik, dimana tegangan yang diberikan tidak boleh melampaui tegangan luluh dari material. Sedangkan data kurva tegangan regangan sebenarnya dari Nitronic 50 dimasukkan kedalam data non linear isotropik. Hubungan kelelahan pada logam juga dapat diketahui berdasarkan kurva SN (*stress – number of cycle*), dari data tersebut dapat diketahui nilai tegangan dengan batas siklus yang dapat dicapai.



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

III.4.3 Meshing

Metode *meshing* yang digunakan pada desain poros adalah metode free mesh dengan ukuran 1. Berikut ini adalah geometri dari poros yang telah *dimeshing*



Gambar 3.5 Hasil *Meshing* Poros LP BFP

III.4.4 Boundary Condition

Pada penelitian ini poros *low pressure boiler feed pump* didukung oleh *support* yang derajat kebebasannya terhadap sumbu x dan sumbu y yang diletakkan pada bagian poros yang memiliki diameter 50 mm,

III.4.5 Analisa Gaya Sentrifugal yang Bekerja pada Poros

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan pada poros ketika diberikan gaya. Untuk mengetahui besaran gaya yang diterima oleh poros dengan cara membagi torsi yang didapatkan dengan jari-jari poros

Pada analisa ini, gaya diberikan pada bagian paling depan dan paling belakang dari poros tersebut karena bagian tersebut



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

berhubungan langsung dengan impeller dan motor dari pompa tersebut.

III.4.6 Perhitungan Momen Bending (Analisa Statis)

Dalam proses mencari batasan tegangan yang dapat diterima oleh poros digunakan penghitungan momen bending yang dapat diterima oleh poros dengan acuan batas *fatigue* poros. Kemudian menganalisa defleksi maksimum yang dapat terjadi pada poros.

Setelah itu dipilih tiga tegangan yang akan digunakan pada analisa ini yaitu 17233 N, 22306 N, dan 28025 N. Ketiga gaya ini dipilih karena ingin mengetahui pengaruh yang ditimbulkan ketika gaya yang terjadi pada poros terjadi disekitar daerah antara Besarnya gaya yang digunakan pada analisa ini sebagai berikut

Tabel 3.6 Gaya pada Analisa Ini

Load Step (tiap detik)	Gaya (N)		
	17233 N	22306 N	28025 N
1	19941.98038	19941.98038	25054.25650
2	-16028.60127	-20747.20697	-26065.90896
3	16525.27946	21390.10057	26873.61315
4	-16892.65841	-21865.63097	-27471.04933
5	17127.86364	22170.07747	27853.54297
6	-17229.05481	-22301.05797	-28018.10130
7	17195.44018	22257.54763	27963.43677
8	-17027.28275	-22039.88691	-27689.97708
9	16725.89825	21649.77884	27199.86189
10	-16293.64480	-21090.27577	-26496.92601
11	15733.90451	20365.75543	25586.66945
12	-15051.05696	-19478.93844	-24476.21435
13	15731.99651	20636.28573	25583.56663
14	-16292.12145	-21088.30397	-26494.44872
15	16724.77147	21648.32036	27198.02951
16	-17026.56136	-22038.95315	-27688.80395
17	17195.12981	22257.14591	27962.02951



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

18	-17229.15791	-22301.19141	-28018.26896
19	17128.37939	22170.74505	27854.38169
20	-16893.58278	-21866.82746	-27472.55255

Kemudian menentukan besarnya perubahan yang akan diberikan pada poros tersebut dan dipilih 20 gaya yang akan digunakan seperti di tabel 3.3. Tiap gaya ini akan dimasukkan ke dalam satu *loadstep* sehingga pada analisa ini memiliki *loadstep* sebanyak 20 buah. Pada masing-masing *loadstep* terdiri atas 100 *substep* dan dengan setting *write every Nth substep*, N yang digunakan adalah 10. Kemudian *solve from LS file* pilih dari 1 hingga 20. Kemudian melihat *displacement* yang terjadi pada poros tersebut.

III.4.7 Membandingkan Perhitungan Manual dan Hasil ANSYS

Kemudian dilakukan proses perbandingan nilai *displacement* yang diperoleh dari proses perhitungan dengan *displacement* yang diperoleh dari ANSYS. Dengan melalui proses tersebut akan diketahui pengaruh pembebanan transien terhadap poros, dan dapat diketahui apakah deformasi yang berlangsung terjadi di daerah elastis atau plastis.

IV.1 Analisa Gaya Sentrifugal Kerja Pompa

Figure 10-1 and Figure 10-2 are technical drawings of a shaft-hub assembly. Figure 10-1 is a side view of the assembly, showing a shaft with a key and a hub with a keyway. The shaft has a diameter of 30 mm and a length of 100 mm. The hub has an outer diameter of 40 mm and an inner diameter of 30 mm. The key is 10 mm wide and 5 mm high. The keyway in the hub is 10 mm wide and 5 mm deep. Figure 10-2 shows two cross-sections, A-A and B-B, of the assembly. Section A-A shows the shaft with a key and the hub with a keyway. Section B-B shows the shaft with a key and the hub with a keyway. The drawing is labeled 'Figure 10-1' and 'Figure 10-2'.

Gambar 4.1 *Drawing Shaft Low Pressure Boiler Feed Pump*

Seperti yang kita ketahui bahwa poros pada *low pressure boiler feed pump* dapat berputar karena adanya gaya yang diberikan pada poros. Poros *low pressure boiler feed pump* dalam proses kerjanya menerima gaya – gaya yang mana gaya tersebut berasal dari berat poros *low pressure boiler feed pump* dan berat impellernya. Hal ini disebabkan karena poros *low pressure boiler feed pump* merupakan pompa horizontal. Berdasarkan data *low pressure boiler feed pump* kita dapat mengetahui torsi yang bekerja



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

pada pompa tersebut. Dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$T = \frac{P \times 60}{2 \pi n}$$

Dengan keterangan

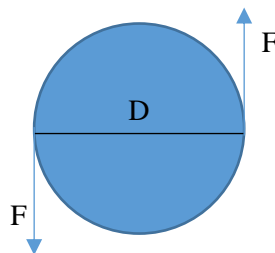
Daya mesin (P) = 75 kW = 75000 W

Putaran (n) = 2970 rpm

$$T = \frac{75000 \times 60}{2 \pi 2970}$$

$$T = 241.266 \text{ Nm}$$

Dengan demikian, kita dapat mengetahui gaya sentrifugal yang dialami oleh poros *low pressure boiler feed pump* selama pompa tersebut digunakan. Gaya sentrifugal ini bekerja dalam bentuk gaya kopel (gaya berpasangan) yaitu salah satunya bernilai positif sedangkan yang lainnya bernilai negatif. Kedua gaya ini berada pada tegak lurus terhadap sumbu horizontal poros seperti pada gambar berikut



Gambar 4.2 Ilustrasi Gaya yang Bekerja pada Poros

Gaya sentrifugal yang dialami oleh poros berbeda – beda bergantung pada ukuran jari – jari tiap bagian porosnya. Gaya



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

sentrifugal dialami seluruh bagian dari poros *low pressure boiler feed pump*, tetapi pada percobaan kali ini . Perhitungan gaya sentrifugal yang diterima oleh poros sebagai berikut

$$F = \frac{T \text{ (Momen Torsi pada Poros)}}{r \text{ (jari - jari poros)}}$$

Tabel 4.1 Gaya Sentrifugal pada Poros

Torsi (Nm)	r /jari – jari (m)	F (N)
241.266	0.01400	17233.297
241.266	0.02000	12063.308
241.266	0.02300	10489.833
241.266	0.02400	10052.757
241.266	0.02500	9650.647
241.266	0.02950	8178.514
241.266	0.02500	9650.647
241.266	0.02325	10377.039
241.266	0.02495	9669.987
241.266	0.02450	9847.599
241.266	0.02495	9669.987
241.266	0.02440	9887.958
241.266	0.02100	11488.865

Dengan demikian diperoleh data mengenai gaya sentrifugal yang dialami oleh seluruh bagian poros *low pressure boiler feed pump* ketika pompa tersebut sedang digunakan. Dari data tersebut diketahui bahwa jari-jari poros dan gaya sentrifugal berbanding terbalik dimana ketika jari-jari poros semakin kecil maka gaya sentrifugal yang dialami oleh poros tersebut pun akan semakin besar. Dari data tersebut juga diketahui bahwa bagian paling depan atau bagian poros yang memiliki jari-jari terkecil (0.014 m) menerima gaya sentrifugal terbesar yaitu 17233.2975 N sedangkan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

yang menerima gaya sentrifugal terkecil adalah bagian poros dengan jari-jari terbesar (0.0295 m) sebesar 8178.51406 N.

IV.2 Analisa Kemampuan Material

Pembuatan poros *low pressure boiler feed pump* diperlukan pertimbangan dalam pemilihan material yang akan digunakan dimana kriteria yang perlu dipenuhi seperti kekuatan tinggi, sifat mampu mesin yang baik, sensitivitas yang rendah terhadap takikan yang rendah, sifat heat treatment yang baik, dan ketahanan aus yang baik menjadi pertimbangan dalam pemilihannya. Pada *low pressure boiler feed pump* di PJB Gresik menggunakan Nitronic 50. Pada analisa ini, perlu adanya pengkajian yang berhubungan dengan sifat mekanik dari Nitronic 50 ini dan juga ditunjang dengan data mengenai kurva stress-strain yang dimiliki oleh Nitroni 50. Dengan demikian dapat diperoleh kemampuan atau ketahanan yang dimiliki oleh material Nitronic 50 ini. Berikut ini sifat mekanik yang dimiliki oleh Nitronic 50

Tabel 4.2 Sifat Mekanik Nitronic 50

Sifat Mekanik	Nitronic 50
Modulus Elastisitas (E)	199 x 10 ³ MPa
Poison Ratio	0.312
Densitas (ρ)	7,88 gm/cm ³

Dan berikut ini data mengenai kurva stress-strain Nitronic

Tabel 4.3 Data Kurva Tegangan Regangan Sebenarnya

Posisi	Tegangan (MPa)	Regangan
Linear	199	0.001
Yield	397	0.002
Ultimate	717	0.09
Fracture	152.5	0.7
Fatigue	290	-

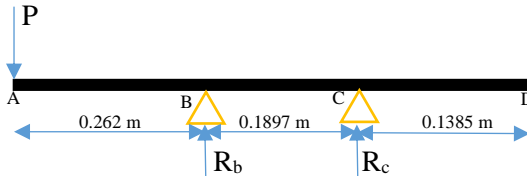
Data-data tersebut dibutuhkan untuk melakukan simulasi di Ansys. Dengan adanya data tersebut dapat kita dapat melakukan analisa secara nonlinear atau sesuai dengan grafik

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

stress-strain yang dimiliki oleh material tersebut sehingga kita dapat mengetahui batasan kemampuan dari poros tersebut. Untuk mengetahui batasan gaya yang dapat diterima oleh poros dengan melalui cara sebagai berikut



Gambar 4.3 Free Body Diagram

Dengan menggunakan rumus

$$\sigma = \frac{M y}{I} \text{ untuk mengetahui nilai } M_{\text{fatigue}} \text{ dan } M_{\text{yield}}$$

Dimana M = momen bending

σ = stress

y = jarak dari garis netral

I = momen inersia

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \text{ untuk mengetahui nilai momen inersia poros}$$

Maka,

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi \times (59 \times 10^{-3})^4}{64} = 5.94508 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$y = \frac{59 \times 10^{-3}}{2} = 29.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Kemudian, mencari nilai M_{fatigue} dan M_{yield}

$$M_f = \frac{\sigma_f I}{y} = \frac{290 \times 10^6 \times 5.94508 \times 10^{-7}}{29.5 \times 10^{-3}} = 5844.316 \text{ Nm}$$

$$M_y = \frac{\sigma_y I}{y} = \frac{397 \times 10^3 \times 5.94508 \times 10^{-7}}{29.5 \times 10^{-3}} = 8000.667 \text{ Nm}$$

Mencari nilai dari R_b dan R_c

$$\Sigma M_b = 0$$

$$0.262P + 0.1897R_c = 0$$

$$0.1897R_c = -0.262P$$

$$R_c = -1.38P$$



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

$$\Sigma M_c = 0$$

$$0.4517P - 0.1897R_b = 0$$

$$0.1897R_b = 0.4517P$$

$$R_b = 2.38P$$

Menentukan nilai momen di tiap titik

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0.262P$$

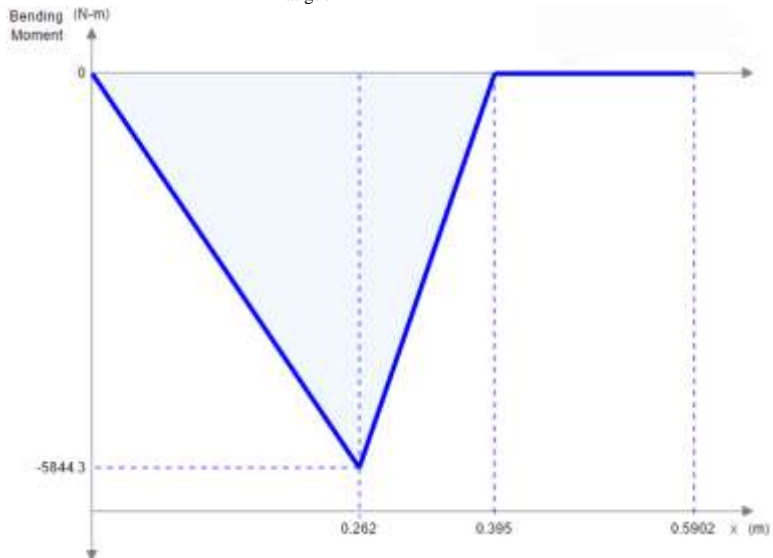
$$M_C = +0.4517P - 0.1897R_b = +0.4517 - 0.1897(2.38) = 0.000214P$$

$$M_D = 0$$

Karena M_B memiliki nilai tertinggi maka $M_B = M_f = 6529.512 \text{ N}$, maka akan diperoleh nilai $P_f = 22306.549 \text{ N}$ dan $P_y = 30536.897 \text{ N}$

Diperoleh diagram momen sebagai berikut

a. Ketika diberi P_{fatigue}

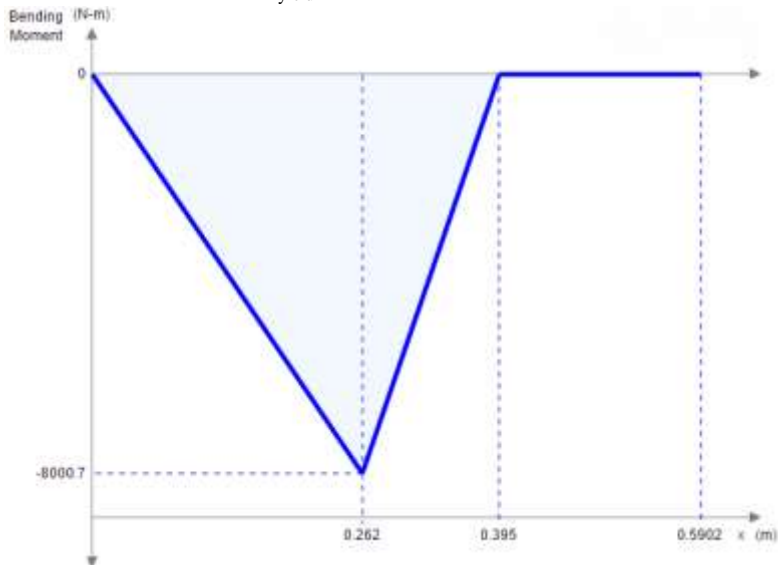


Gambar 4.4 Grafik Momen *Bending* ketika diberi gaya P_{fatigue}



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

b. Ketika diberi P_{yield}



Gambar 4.5 Grafik Momen Bending ketika diberi gaya P_{yield}

Mencari nilai defleksi maksimum



Gambar 4.6 Defleksi

Dengan menggunakan rumus

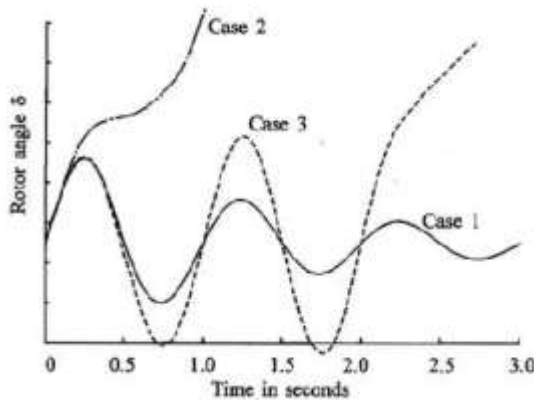
$$y_y = \frac{(-P+R)L^3}{3EI} = \frac{(-30536.897+50385.88) \times 0.262^3}{3 \times 199 \times 10^3 \times 10^6 \times 5.94508 \times 10^{-7}} = 0.005154 \text{ m}$$



IV.3 Analisa Pemberian Perubahan Gaya Terhadap Waktu

Dalam analisa ini, dipilih dua bagian yaitu bagian paling depan poros dan bagian paling belakang poros dimana bagian paling depan memiliki jari-jari 0.014 m sedangkan bagian paling belakang memiliki jari-jari 0.021 m. Kedua bagian ini berhubungan dengan impeller dan motor pemutar pompa. Bagian depan dengan *impeller* dan bagian belakang dengan motor pemutar pompa. Berdasarkan Tabel 4.4, dapat diketahui besarnya gaya yang dapat diterima oleh poros bagian depan dan bagian belakang. Pada tabel 4.1, dapat dilihat gaya sentrifugal yang bekerja pada poros ketika pompa sedang berkerja.

Pada analisa ini, dilakukan berdasarkan permasalahan pertama pada gambar di bawah ini



Gambar 4.7 Respon Sudut Rotor Terhadap Gangguan Tansien
(Santoso, 2014)

Pada permasalahan/kasus yang pertama dimana sudut rotor meningkat menjadi maksimum, kemudian menurun dan berosilasi dengan penurunan amplitude hingga mencapai kondisi stabil. Berdasarkan dari gaya sentrifugal yg bekerja pada pompa



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

ketika pompa sedang bekerja maka besarnya gaya yang digunakan pada analisa ini antara lain 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N. Besar gaya tersebut dipilih karena dapat menggambarkan perkiraan kondisi ketika awal mula alat digunakan. Berikut ini persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya gaya yang diterima oleh poros

$$F(t) = F * \sin\left(\frac{\pi}{4} * t\right) \quad (4.1)$$

Waktu yang digunakan pada analisa ini sebesar 20 detik. Analisa ini menggunakan 100 substep dan proses pencatatan dilakukan setiap 10 substep. Analisa ini menggunakan loadstep sebanyak 20 buah guna untuk merepresentasikan kondisi ketika poros tersebut menerima gaya yang berubah-ubah secara terus menerus dalam suatu satuan waktu yang singkat. Sehingga tercapailah suatu keadaan dimana poros mengalami pembebanan transien. Gaya yang diberikan tiap waktunya saling berkebalikan atau gaya yang diterima oleh poros terjadi secara bolak-balik.

Dalam proses ini, seharusnya data mengenai kurva stress-strain yang dimiliki oleh poros tersebut digunakan juga agar dapat mengetahui perubahan yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien. Dikarena tingkat kesesuaian yang diperlukan tinggi sehingga memerlukan jumlah substeps yang tinggi dan pemakaian kapasitas yang dibutuhkan untuk melakukan percobaan ini pun sangat besar sehingga percobaan ini tidak dapat



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

dilakukan. Percobaan ini dilakukan hanya berfokuskan pada daerah elastisnya saja, daerah plastisnya tidak diikut sertakan.



Gambar 4.8 Kondisi Awal dari Poros *Low Pressure Boiler Feed Pump*

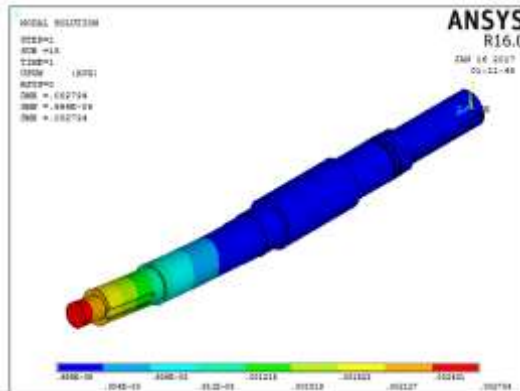


Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

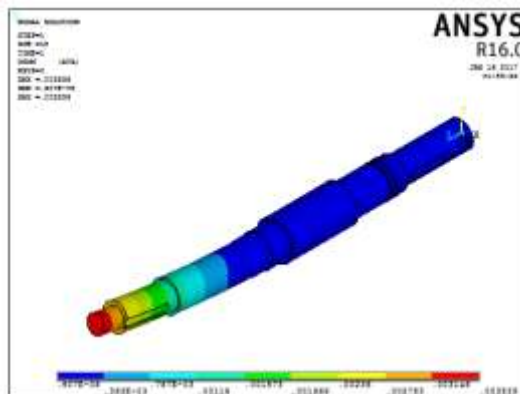
IV.4 Eksitasi Transien

IV.4.1 Eksitasi Transien pada Loadstep 1

Berikut ini merupakan eksitasi pertama yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



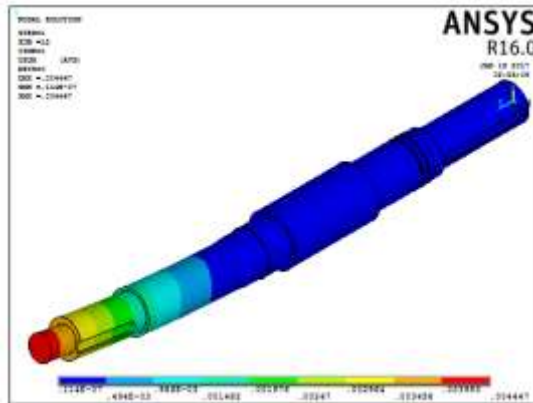
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.9 Eksitasi pada *Loadstep* 1 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

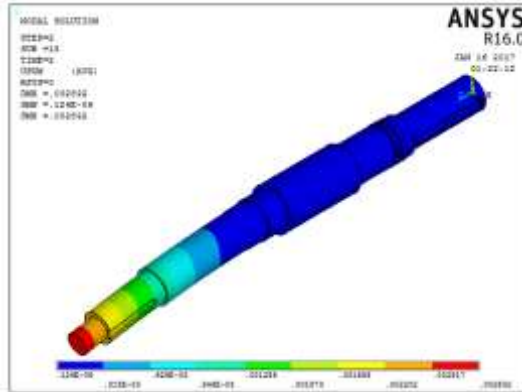
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,7343 m, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,5393 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,4466 mm



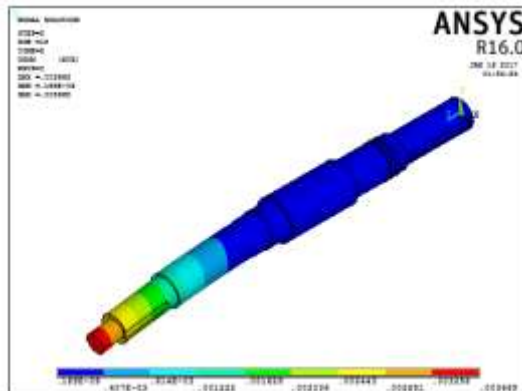
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.2 Eksitasi Transien pada Loadstep 2

Berikut ini merupakan eksitasi kedua yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



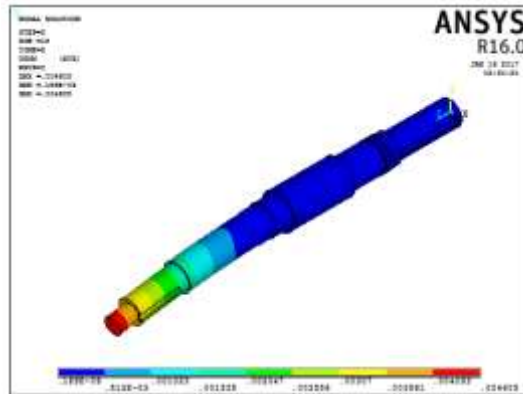
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.10 Eksitasi pada *Loadstep* 2 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

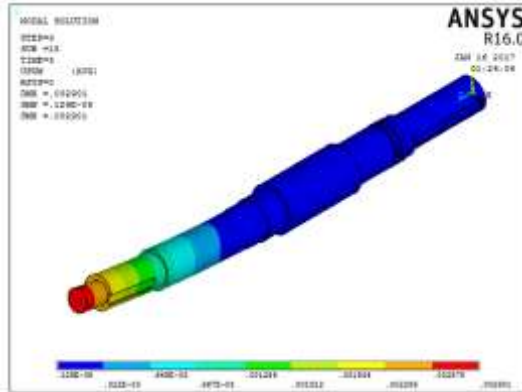
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,8315 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,6651 m, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,6047 m



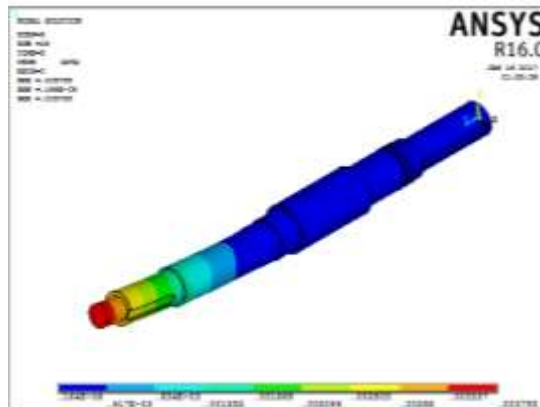
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.3 Eksitasi Transien pada Loadstep 3

Berikut ini merupakan eksitasi ketiga yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



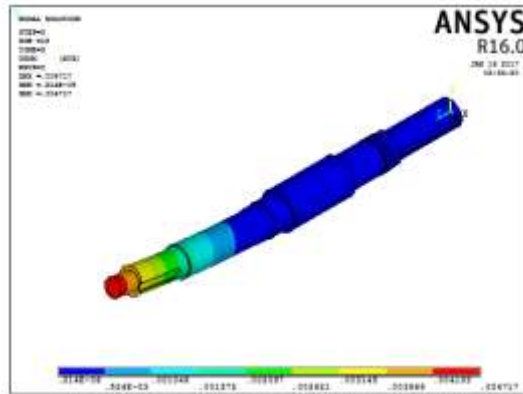
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.11 Eksitasi pada *Loadstep* 3 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

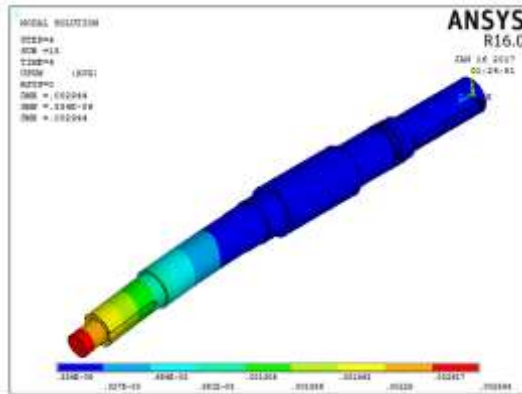
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9007 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7547mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7172 mm



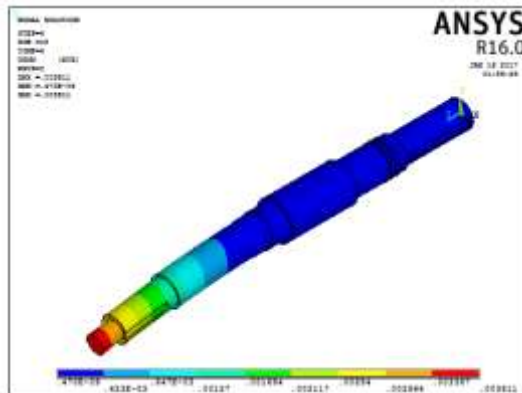
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.4 Eksitasi Transien pada Loadstep 4

Berikut ini merupakan eksitasi keempat yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



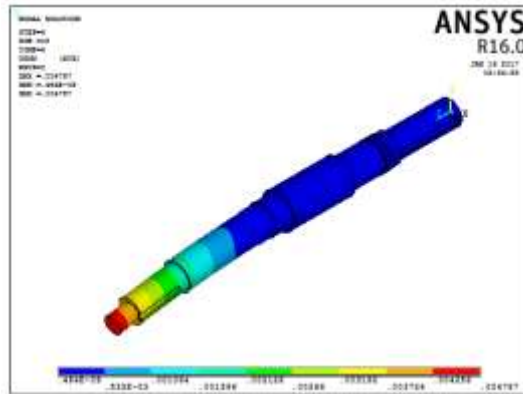
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.12 Eksitasi pada *Loadstep* 4 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

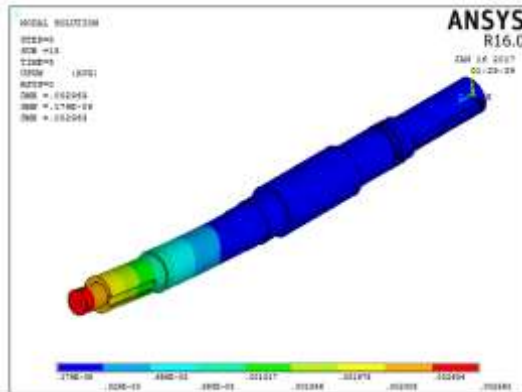
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9439 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,8106 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7874 m



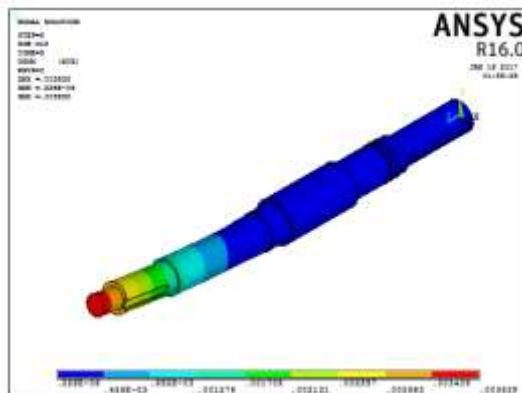
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.5 Eksitasi Transien pada Loadstep 5

Berikut ini merupakan eksitasi kelima yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



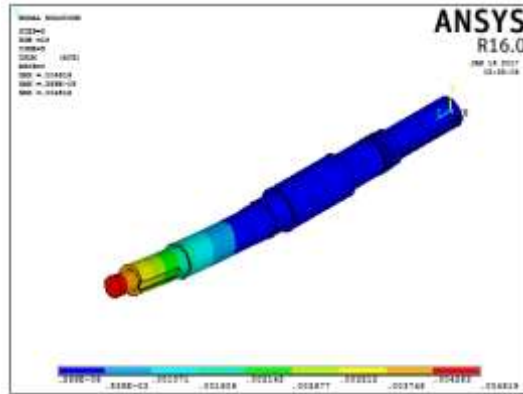
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.13 Eksitasi pada *Loadstep* 5 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

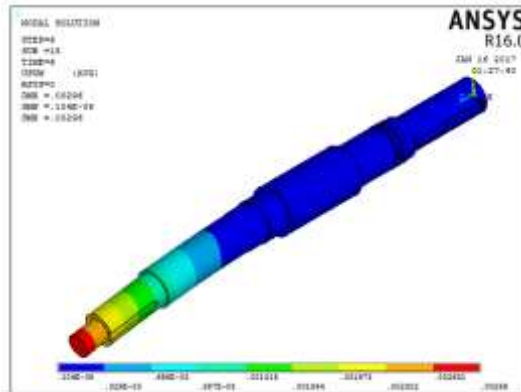
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9631 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,8354 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,8186 mm



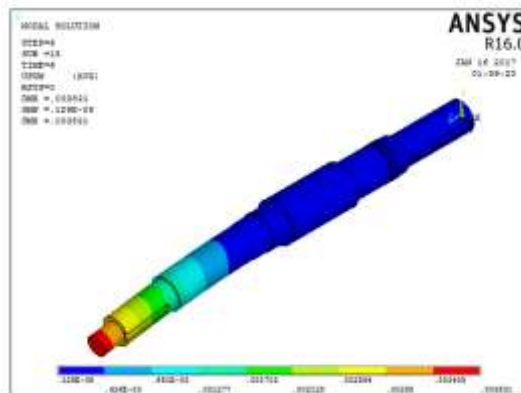
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.6 Eksitasi Transien pada Loadstep 6

Berikut ini merupakan eksitasi keenam yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



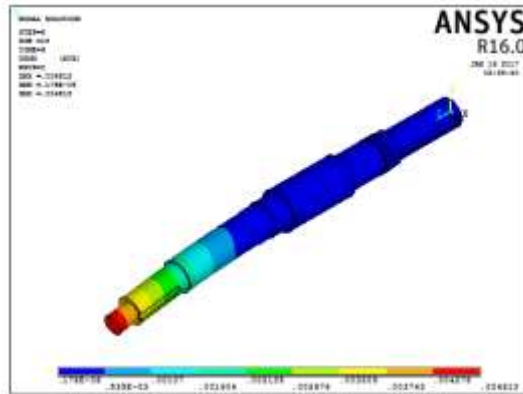
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.14 Eksitasi pada *Loadstep* 6 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

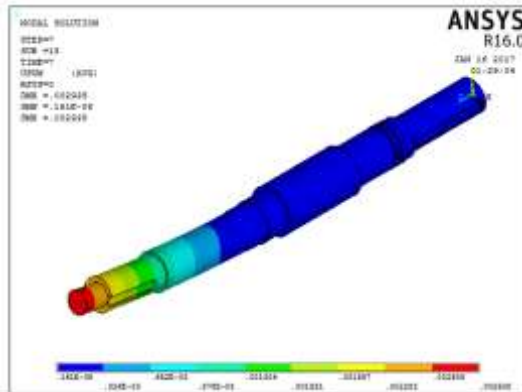
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9596 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,8309 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,8130 mm



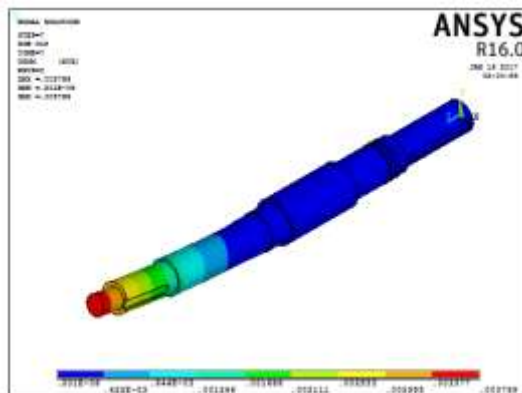
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.7 Eksitasi Transien pada Loadstep 7

Berikut ini merupakan eksitasi ketujuh yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



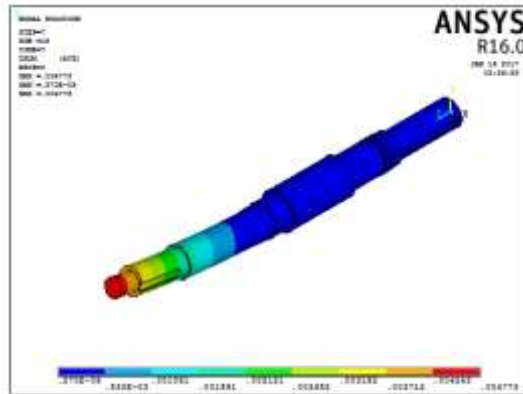
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.15 Eksitasi pada *Loadstep* 7 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

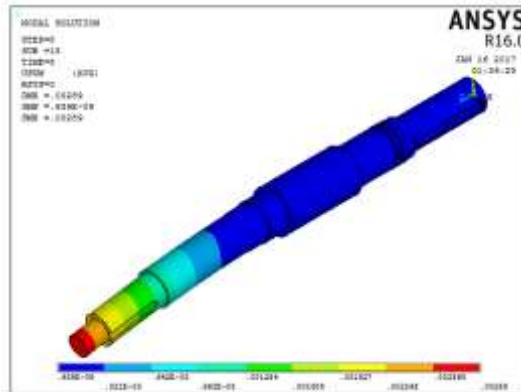
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9350 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7990 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7729 m



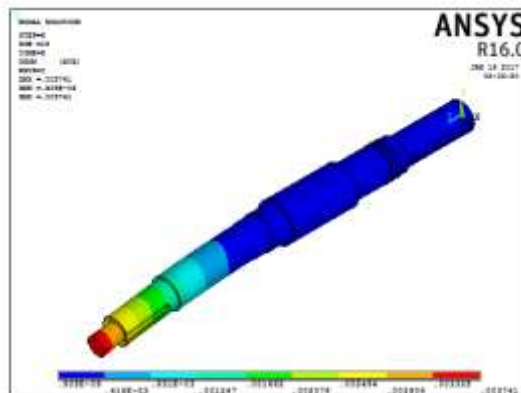
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.8 Eksitasi Transien pada Loadstep 8

Berikut ini merupakan eksitasi kedelapan yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



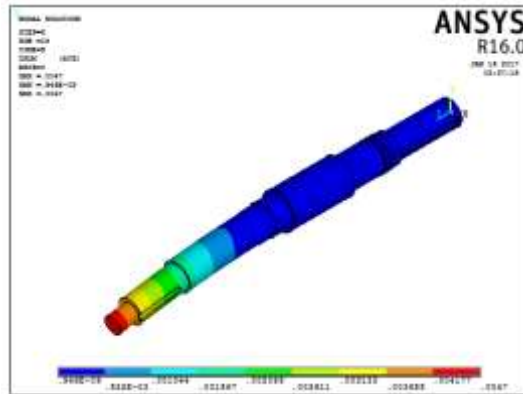
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.16 Eksitasi pada *Loadstep* 8 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

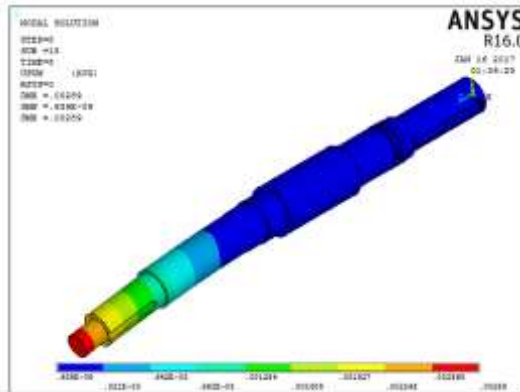
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,8899 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7406 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,6995 mm



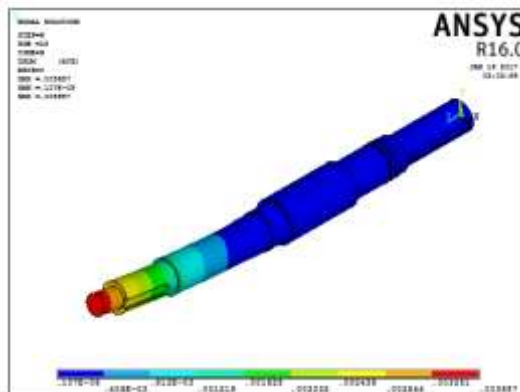
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.9 Eksitasi Transien pada Loadstep 9

Berikut ini merupakan eksitasi kesembilan yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



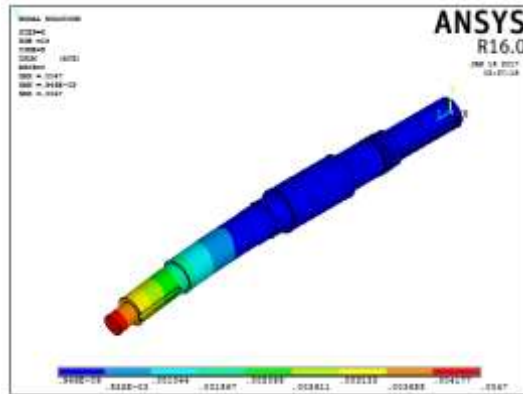
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.17 Eksitasi pada *Loadstep* 9 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

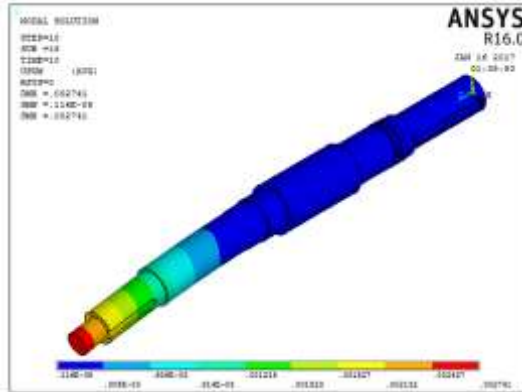
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,8252 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,6569 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,5944 m



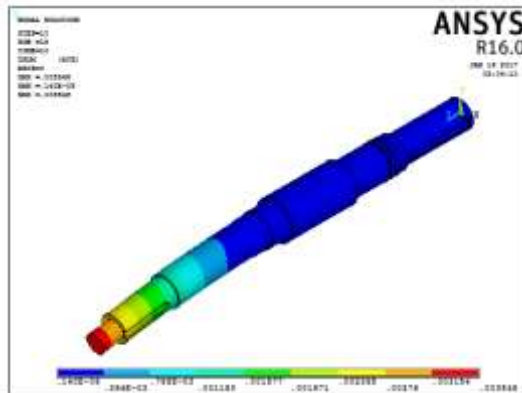
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.10 Eksitasi Transien pada Loadstep 10

Berikut ini merupakan eksitasi kesepuluh yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



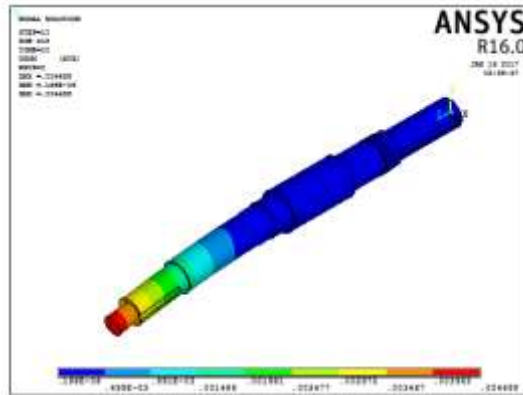
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.18 Eksitasi pada *Loadstep* 10 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

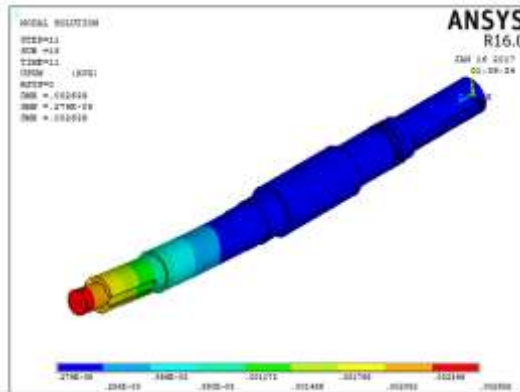
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,7412 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,5482 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,4578 mm



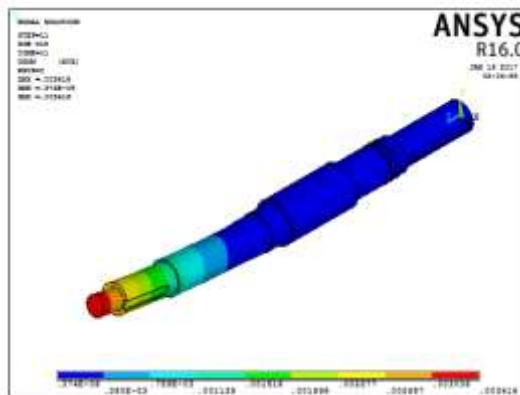
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.11 Eksitasi Transien pada Loadstep 11

Berikut ini merupakan eksitasi kesebelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



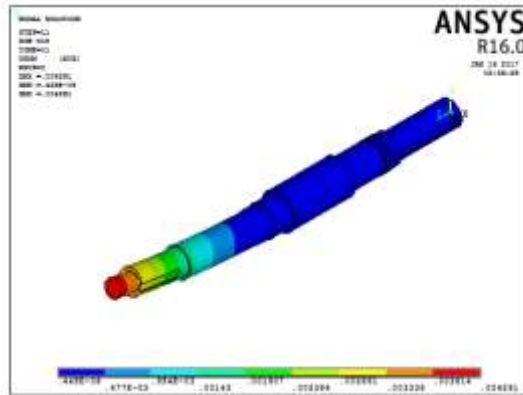
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.19 Eksitasi pada *Loadstep* 11 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

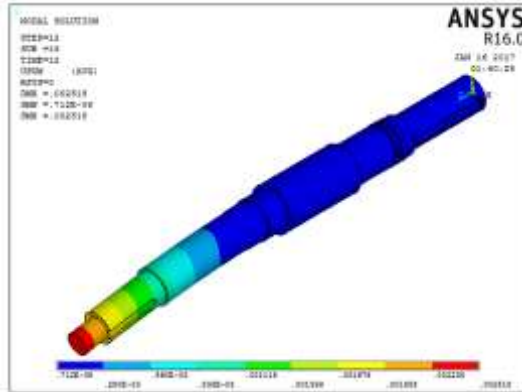
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,6387 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,4155 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,2911 mm



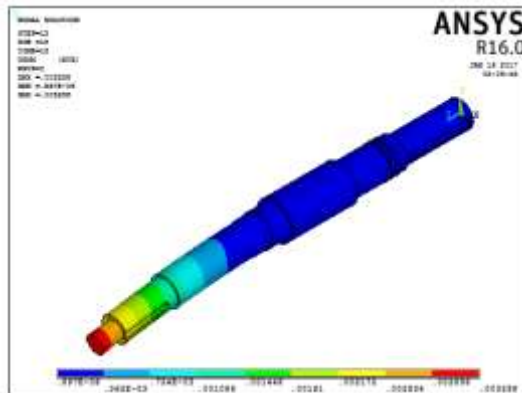
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.12 Eksitasi Transien pada Loadstep 12

Berikut ini merupakan eksitasi duabelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



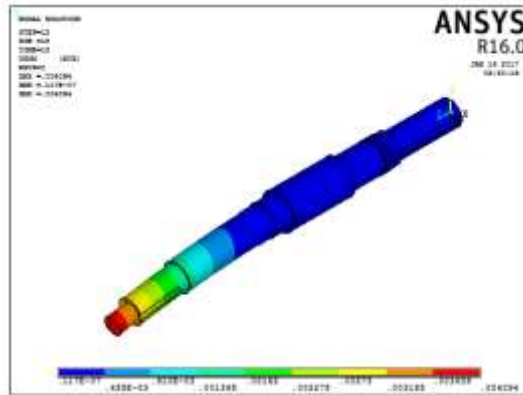
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.20 Eksitasi pada *Loadstep* 12 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

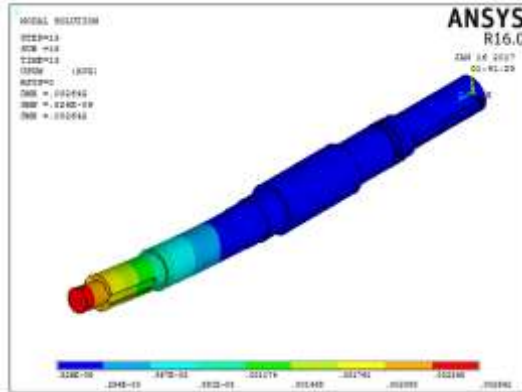
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,5177 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,2584 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,0944 mm



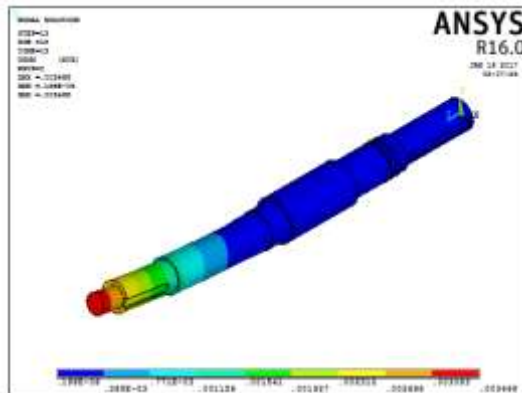
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.13 Eksitasi Transien pada Loadstep 13

Berikut ini merupakan eksitasi ketigabelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



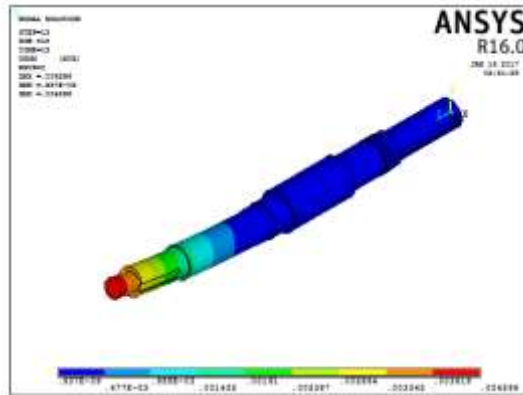
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.21 Eksitasi pada *Loadstep* 13 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

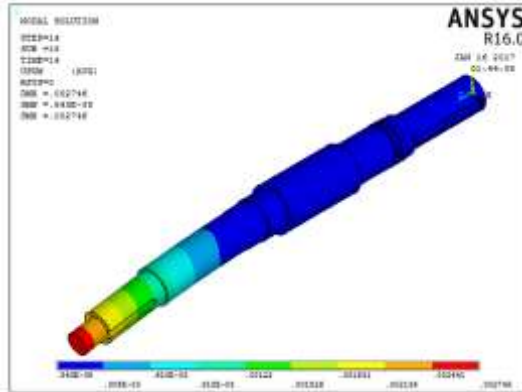
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,6420 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,4682 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,2965 mm



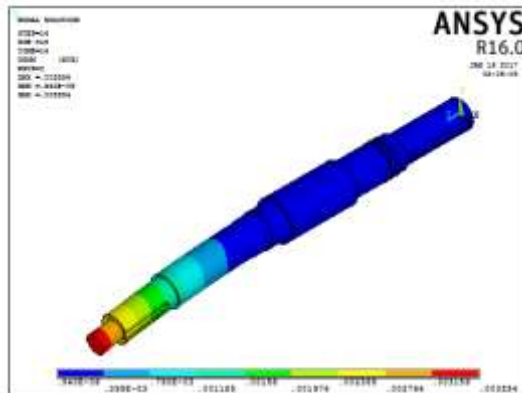
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.14 Eksitasi Transien pada Loadstep 14

Berikut ini merupakan eksitasi keempatbelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



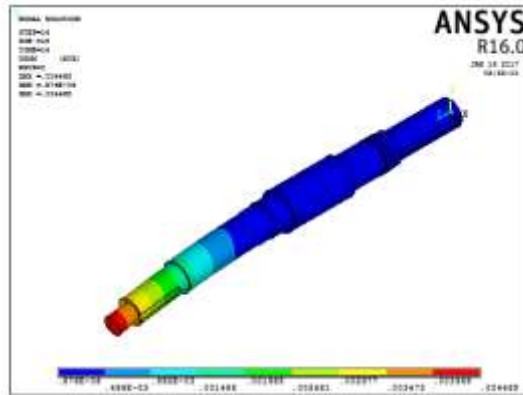
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



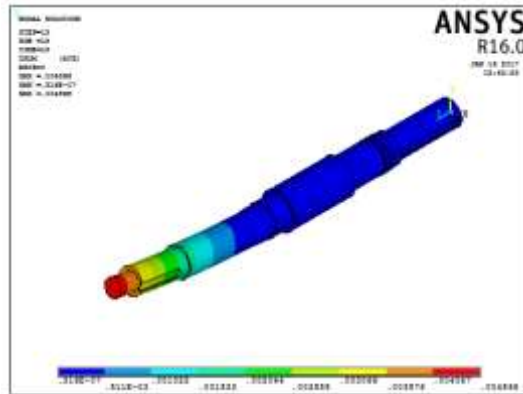
(c)

Gambar 4.22 Eksitasi pada *Loadstep* 14 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,7459 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,5540 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,4654 mm



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.23 Eksitasi pada *Loadstep* 15 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

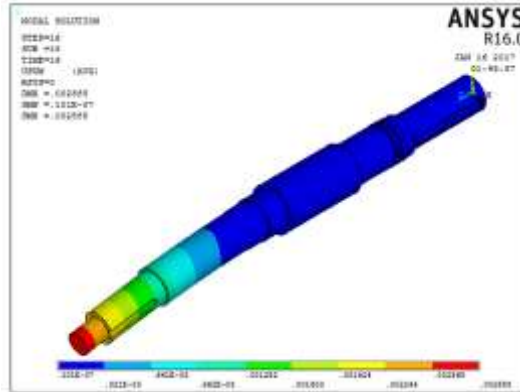
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,8276 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,6597 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,5983 mm



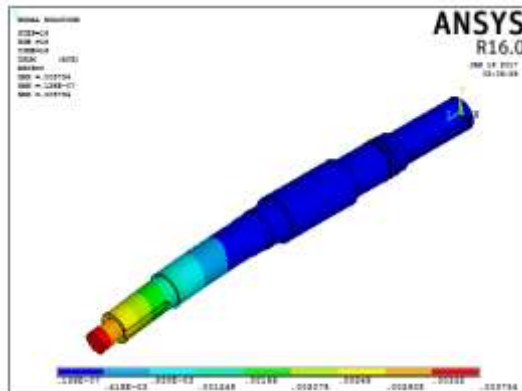
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.16 Eksitasi Transien pada Loadstep 16

Berikut ini merupakan eksitasi keenambelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



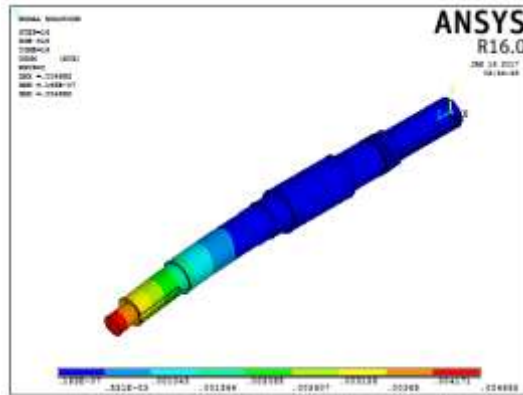
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.24 Eksitasi pada *Loadstep* 16 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

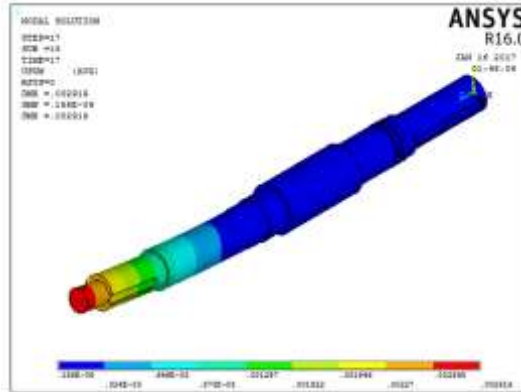
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,8854 m, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7344 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,6923 mm



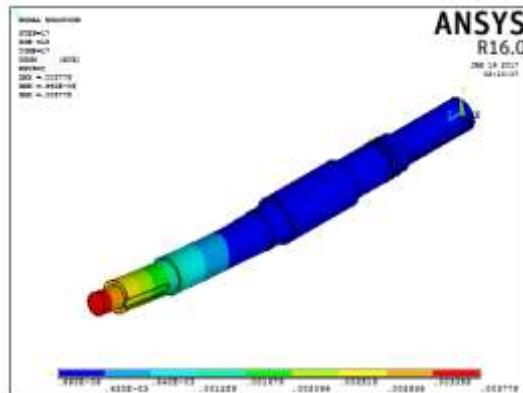
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.17 Eksitasi Transien pada Loadstep 17

Berikut ini merupakan eksitasi ketujuhbelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



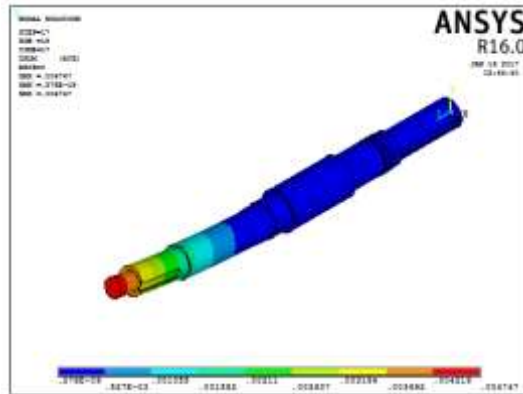
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.25 Eksitasi pada *Loadstep* 17 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

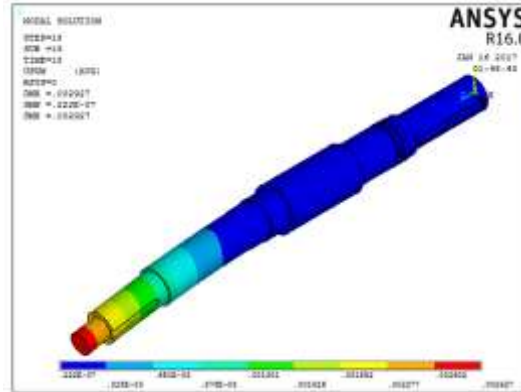
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9189 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7778 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7466 mm



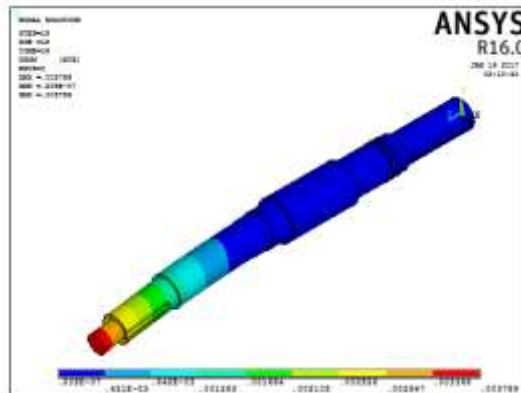
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.18 Eksitasi Transien pada Loadstep 18

Berikut ini merupakan eksitasi kedelapanbelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



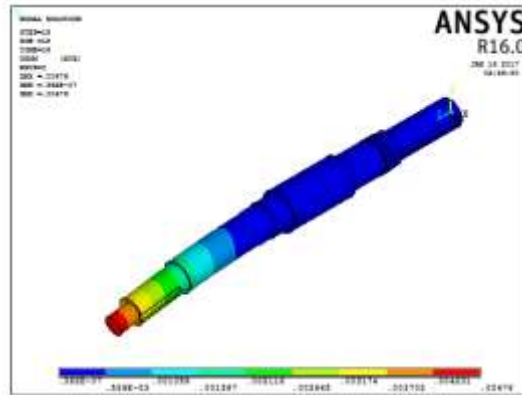
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.26 Eksitasi pada *Loadstep* 18 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

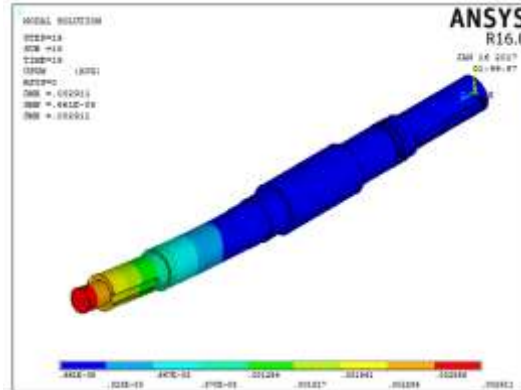
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9273 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7887 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7603 mm



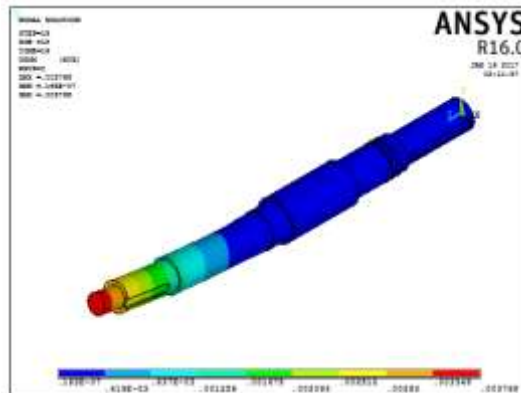
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.19 Eksitasi Transien pada Loadstep 19

Berikut ini merupakan eksitasi kesembilanbelas yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



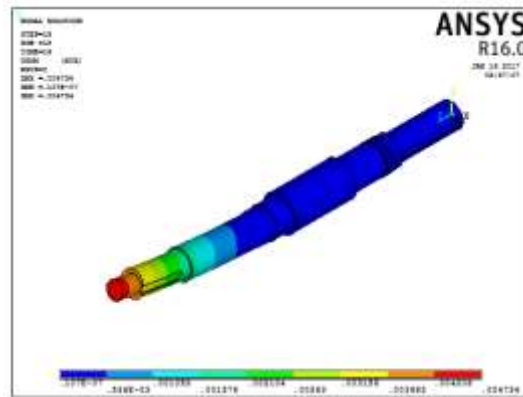
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.27 Eksitasi pada *Loadstep* 19 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

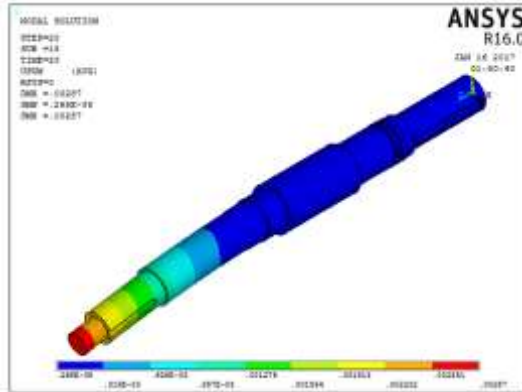
Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,9110 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7677 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7340 mm



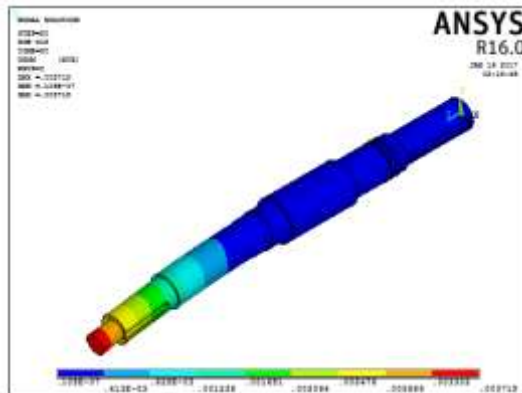
Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.4.20 Eksitasi Transien pada Loadstep 20

Berikut ini merupakan eksitasi kedua puluh yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien dari masing – masing gaya yaitu 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N



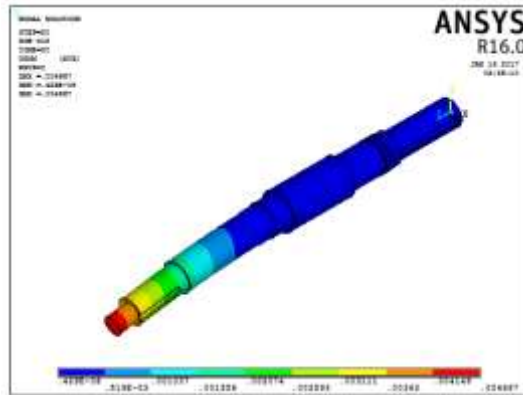
(a)



(b)



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



(c)

Gambar 4.28 Eksitasi pada *Loadstep* 20 ketika diberikan gaya
(a) 17.233 N (b) 22.306 N (c) 28.025 N

Dari ketiga gambar di atas menunjukkan adanya deformasi yang terjadi pada poros dan warna pada poros tersebut menunjukkan tingkatan dari *displacement* yang terjadi pada poros tersebut. Pada bagian poros yang berwarna merah menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami *displacement* yang lebih besar dibandingkan dengan bagian yang lainnya. Dimana untuk pembebanan 17.233 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya *displacement* 2,8700 mm, pada pembebanan 22.306 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 3,7147 mm, sedangkan pada pembebanan 28.025 mengalami *displacement* tertinggi pada node 40 dengan besarnya tegangan 4,7340 mm



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

IV.2 Pembahasan

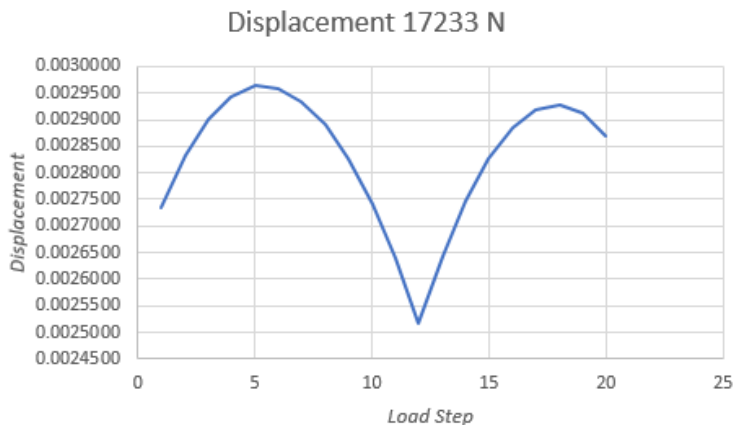
Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat dilihat pengaruh yang terjadi pada poros ketika menerima pembebanan transien. Bagian dari poros yang menjadi tempat terjadinya *displacement* terbesar berada pada node 40 yaitu pada bagian depan dari poros tersebut. Berikut ini pengaruh pengaruh dari tegangan transien

Tabel 4.5 Pengaruh Tegangan Transien

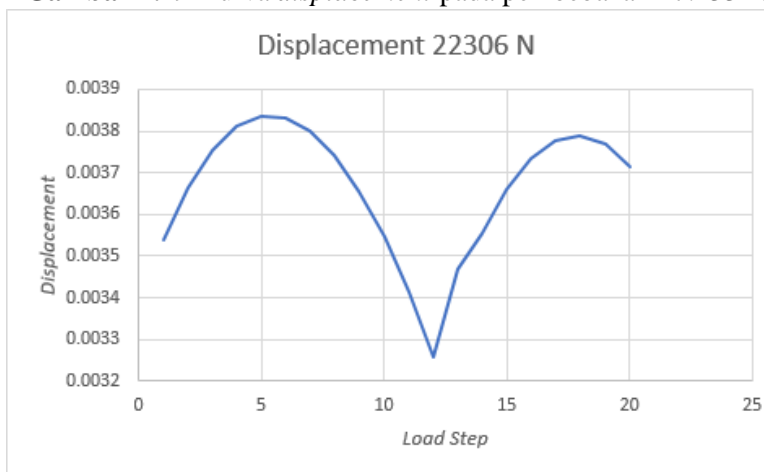
Load Step	<i>Displacement (mm)</i>			Kriteria
	17.233 N	22.306 N	28.025 N	
1	2,7343	3,5393	4,4466	5,154
2	2,8315	3,6651	4,6047	
3	2,9007	3,7547	4,7172	
4	2,9439	3,8106	4,7874	
5	2,9631	3,8354	4,8186	
6	2,9596	3,8309	4,8130	
7	2,9350	3,7990	4,7729	
8	2,8899	3,7406	4,6995	
9	2,8252	3,6569	4,5944	
10	2,7412	3,5482	4,4578	
11	2,6387	3,4155	4,2911	
12	2,5177	3,2584	4,0944	
13	2,6420	3,4682	4,2965	
14	2,7459	3,5540	4,4654	
15	2,8276	3,6597	4,5983	
16	2,8854	3,7344	4,6923	
17	2,9189	3,7778	4,7466	
18	2,9273	3,7887	4,7603	
19	2,9110	3,7677	4,7340	
20	2,8700	3,7147	4,6672	



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



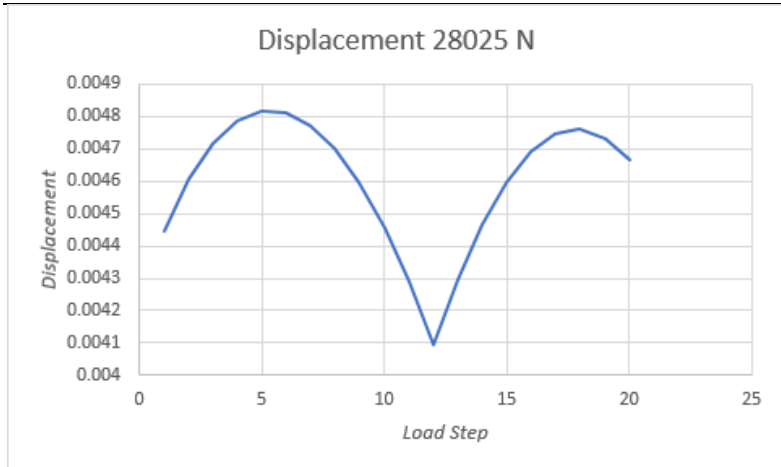
Gambar 4.29 Kurva *displacement* pada pembebanan 17.233 N



Gambar 4.30 Kurva *displacement* pada pembebanan 22.306 N



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS



Gambar 4.31 Kurva *displacement* pada pembebanan 28.025 N

Berdasarkan analisa yang dilakukan diketahui pengaruh yang ditimbulkan oleh eksitasi transien terhadap poros *low pressure boiler feed pump*. Defleksi maksimum yang boleh terjadi pada poros sebesar 5,154 mm yaitu tepat ketika mencapai titik *yield*. Ketika poros diberi gaya sebesar 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N terjadi defleksi tetapi defleksi yang terjadi pada poros tersebut masih termasuk dalam kategori aman karena deformasi yang dialami oleh poros bersifat elastis dimana setelah gaya tersebut selesai atau hilang poros akan kembali ke bentuk semula.

Berdasarkan kurva *displacement* pada gaya 17.233 N, 22.306 N dan 28.025 N diperoleh bahwa *displacement* terbesar terjadi pada *load step* 5 yaitu dimana nilai *displacement*-nya sebesar 2,9631 mm, 3,8354 mm dan 4,8186 mm

Poros ini memiliki *fatigue stress* sebesar 22.306 N dimana poros akan mengalami *displacement* sebesar 3,8354 mm. Ketika poros mengalami deformasi lebih dari 3,8354 mm, poros akan

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

mengalami kegagalan atau patah karena poros menerima pembebanan yang dinamis atau berulang. Proses ini disebut sebagai kegagalan *fatigue*.

Pada analisa ini terdapat kekurangan yaitu tidak dimasukan respon tegangan regangan sehingga efek plastis tidak diperhitungkan. Hal ini dikarena perlunya jumlah elemen yang banyak untuk mencapai konvergensi, sementara diperlukan memori yang besar untuk melakukan penelitian tersebut. Hasil percobaan ini hanya dapat menggambarkan deformasi poros secara plastis



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan percobaan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan mengenai analisa eksitasi transien yang dilakukan pada poros *low pressure boiler feed pump* yaitu

1. Poros bagian depan merupakan bagian poros yang mengalami *displacement* yang tertinggi, menunjukkan bahwa tegangan akibat beban transien terkonsentrasi di bagian depan yaitu pada node 40
2. Dengan pembebanan sebesar 17.233 N, 22.306 N, dan 28025 N menyebabkan terjadi defleksi elastis pada poros dimana nilai defleksi tertinggi sebesar 2,9631 mm, 3,8354 mm dan 4,8186 mm
3. Batas defleksi pada titik *yield* sebesar 5,154 mm
4. Ketika poros mengalami defleksi lebih dari 3.8354 mm, poros akan mengalami kegagalan atau patah yang disebabkan pembebanan yang diterima oleh poros bersifat dinamis atau berulang. Peristiwa ini disebut kegagalan *fatigue*

V.2 Saran

Beberapa saran yang diajukan penulis untuk perbaikan pada penelitian selanjutnya karena terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini yaitu

- a. Melakukan penelitian di lapangan untuk memastikan kesesuaian antara penelitian yang telah dilakukan dan pemodelannya.
- b. Untuk penelitian selanjutnya data mengenai kurva stress-strain diikutsertakan agar diperoleh deformasi yang lebih nyata



Laporan Tugas Akhir
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS

- c. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan *personal computer* yang berkapasitas besar sehingga proses analisa bisa berjalan dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- Boulus, P. F., t.thn. *Shock and Water Hammer Loading*.
- Broch, J. T., 1984. *Mechanical Vibration and Shock Measurement*.
2nd penyunt. Denmark: Bruel and Kjaer.
- Brook, C. R. & Choudhury, 2002. *Failure Analysis of Engineering Material*. New York: McGraw Hill.
- Calister, W. D., 2009. *Material Science and Engineering*. USA:
John Wiley & Sons.
- Caplan, I. L., 1967. *Mechanical Properties and Seawater Behaviour of Nitronic 50 (22 Cr-13 Ni-5 Mn) Plate*.
s.l.:Naval Ship Research and Development Centre.
- Dr. Abdul Hamid, B. E. M., 2012. *Praktikal Vibrasi Mekanik Teori dan Praktik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gusniar, I. N., 2014. *Optimalisasi Sistem Perawatan Pompa Sentrifugal Di Unit Utility PT.ABC*. s.l.:Jurnal Ilmiah Solusi
Vol. 1 No.1.
- Karyasa, T. B., 2011. *Dasar - Dasar Getaran Mekanis*.
Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Khurmi, R. S. & K.Gupta, J., 2005. *A Textbook of Machine Design*.
New Delhi: Eurasia Publishing House.
- LDS-Dactron, 2003. *Basic of Structural Testing Analysis*.
s.l.:LDS-Group.
- Ledezma, D., t.thn. *Transient Vibration of The Single Degree of Freedom System*.
- Niku-Lari, A., 1986. *Structural Analysis Systems*. s.l.:Elsevier.
- Prayitno, A. A., Suhendra & Herudin, 2013. *Analisis Arus dan Tegangan Transien Akibat Pelepasan Beban pada Sisi Primer Transformator Unit 5, Unit 6 dan Unit 7 Suralaya*.
- Rice, J. R., 2010. *Solid Mechanics*.
- Rosyid, 2010. *Perencanaan Pompa Sentrifugal Pengisi Ketel di PT. Indah Kiat Serang*. Solo: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Santoso, P., 2014. *Analisis Kestabilan Transien Penerapan Distributed Generation pada Sistem Kelistrikan Wilayah Bengkulu*.
- Sari, A., 2013.
- Susanto, H., Durrijal, H. & Semesta, L., 2009. *Mengenal dan Memahami Proses Operasi PLTGU*. Jakarta: Pt. Lintang Pancar Semesta.
- Thomson, W. T., 1986. *Teori Getaran Dengan Penarapan*. Jakarta: Erlangga.

BIODATA PENULIS



Penulis yang bernama lengkap Eldwin dilahirkan di Jakarta, 3 Mei 1995, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Strada Budi Luhur, SD Strada Budi Luhur II, SMP Marsudirini Bekasi dan SMA Negeri 103 Jakarta. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studinya melalui jalur SBMPTN di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013 terdaftar dengan NRP 2713100077. Di Teknik Material dan Metalurgi penulis memilih bidang pemodelan. Penulis sejak kuliah aktif mengikuti organisasi di Media dan Informasi HMMT, dan Indocor SC-ITS. Selesaiannya tugas akhir ini mengantarkan penulis memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi sepuluh Nopember Surabaya.

Email: napitupuludaniel1995@gmail.com

No.Hp: +6281297056300

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)